Verhandlungen der Physikalisch-medizinische Gesellschaft ...

Physikalisch-medizinische Gesellschaft zu Würzburg

Pth
b

290.2

Library of the Museum

OF

COMPARATIVE ZOÖLOGY,

AT HARVARD COLLEGE, CAMBRIDGE, MASS.

The gift of the Physikalisch-medicinische Gesellschaft zu Würzburg.

No. 7267.

May 25, 1886.

VERHANDLUNGEN

DER

PHYSIKALISCH-MEDICINISCHEN GESELLSCHAFT

ZU

WÜRZBURG.

HERAUSGEGEBEN

VON DER

REDACTIONS-COMMISSION DER GESELLSCHAFT.

DR. JOHANNES GAD PROF. DR. W. REUBOLD

DR. KONRAD RIEGER.

NEUE FOLGE XVIII. BAND.

WÜRZBURG

DRUCK & VERLAG DER STAHEL'SCHEN UNIVERS.-BUCH- & KUNSTHANDLUNG.

1884.

INHALT

des

XVIII. BANDES.

	Seite
Müller, F., Ueber die diagnostische Bedeutung der Tuberkelbacillen . . .	1
Sandberger, F., Neue Beweise für die Abstammung der Erze aus dem Nebengestein	9
Krukenberg, C. Fr. W., Ueber die Hyaline	19
Föhr, G. Fr., Die Phonolithe des Hegau's mit besonderer Berücksichtigung ihrer chemischen Constitution	39
Koelliker, A., Die Aufgaben der Anatomischen Institute. Eine Rede gehalten bei der Eröffnung der neuen Anatomie in Würzburg am 3. Nov. 1883	79
Hausmann, Dr. A., Beobachtungen über das Gelbe Fieber. Mit einleitenden Bemerkungen von C. Gerhardt. Mit 1 lithograph. Tafel.	101
Hansen, Dr. A., Die Farbstoffe der Blüthen und Früchte. Mit 2 Spectraltafeln	109
Gad, Dr. Joh., Einiges über Centren und Leitungsbahnen im Rückenmark des Frosches mit einem Excurs über Leitungsbahnen im Rückenmark von Kaninchen und Katze. Mit 2 lithograph. Tafeln	129
Krukenberg. C. Fr. W., Zur Charakteristik einiger physiologisch und klinisch wichtigeren Farbenreactionen. Mit 1 lithograph. Tafel.	179
Thürach, Dr. Hans, Ueber das Vorkommen mikroskopischer Zirkone und Titan-Mineralien in den Gesteinen. Mit 1 lithograph. Tafel. . . .	203
Flach. K., Die Käfer der unterpleistocänen Ablagerungen bei Hösbach unweit Aschaffenburg. Mit 2 lithograph. Tafeln	285
Fick, A, Myothermische Fragen und Versuche. Mit 1 lithograph. Tafel .	299

Ueber die diagnostische Bedeutung der Tuberkelbacillen.

Von

FRIEDRICH MÜLLER.

Nachdem schon so viel über Tuberkelbacillen geschrieben worden ist, könnte es überflüssig erscheinen, dieses Thema wiederum zur Sprache zu bringen. Doch ist es andererseits von Werth, bei dem schroffen Widerstreit der Ansichten in einer wissenschaftlich und practisch so hochbedeutenden Frage, Untersuchungen in die Wagschale zu werfen, welche vorurtheilsfrei und an einem bedeutenden Material angestellt worden sind.

Die Untersuchungen, über welche ich hier kurz referiren will, sind auf Anregung von Herrn Geheimrath *Gerhardt* sämmtliche im Laboratorium der med. Klinik ausgeführt worden.

Da von verschiedenen Seiten, am bestimmtesten von *Spina*, und neuerdings wieder von *Matray* und anderen behauptet worden ist, dass auch im Sputum von Gesunden und nicht tuberkulösen Kranken sich Stäbchen finden, welche mit den Tuberkelbacillen in Form und Farbenreaction übereinstimmen, so schien es geboten, den Auswurf einer Anzahl von Patienten zu untersuchen, bei welchen Tuberkulose ausgeschlossen werden konnte. Es wurden im Ganzen 52 Patienten untersucht mit Masern, Keuchhusten, Bronchitis, croupöser und catarrhalischer Pneumonie, Herzfehlern, Lungeninfarcten u. s. w.; aber in keinem Präparate konnten rothgefärbte Bacillen [1]) gefunden werden.

Mit besonderer Sorgfalt wurde stets das an Microorganismen aller Art so reiche Sputum bei Bronchiectasie und fötider Bron-

[1]) Es wurde das *Ehrlich*'sche Färbeverfahren angewendet und zwar stets in genau derselben Weise, um bezüglich der Grösse und Zahl der Stäbchen vergleichbare Resultate zu gewinnen. Zur Nachfärbung der Sputa wurde Malachitgrün, zu der der Schnitte Vesuvin gewählt.

chitis untersucht, doch glich kein einziges unter den vielen Stäbchen dem Tuberkelbacillus in Form und Farbenreaction.

Da aus Erlangen das regelmässige Vorkommen derselben im Stuhlgang von Gesunden berichtet worden war, so wurde mehrmals diarrhoischer und fester Koth von Gesunden, sowie von nicht tuberculös Erkrankten untersucht, aber mit negativem Resultat.

Nachdem es sich also aus diesen Versuchen bestätigt hatte, dass, wo keine Tuberkulose ist, auch keine Tuberkelbacillen gefunden werden können, galt es, das constante Vorkommen derselben bei allen tuberculösen Affectionen zu constatiren. Es wurden 72 Phthisiker untersucht, und in der That gelang es, in sämmtlichen ausgeprägten Fällen die Stäbchen nachzuweisen, allerdings oft erst nach mehrmaligem Suchen und bei längerer Beobachtung. Nicht ganz so constant fand ich dieselben bei Phthisis incipiens und von diesen 72 vermissten wir sie in 5 Fällen mit eben wahrnehmbarer Spitzendifferenz. Doch konnten 4 derselben wegen zu kurzen Spitalaufenthaltes nur ein- oder zweimal untersucht werden, und der fünfte, ein alter Mann, litt an einer ausserordentlich chronisch verlaufenden Form.

Viel wichtiger ist, dass in fünf Fällen, wo die physikalischen Untersuchungsmethoden noch keinen Anhalt boten, allein durch den sicheren Nachweis der Bacillen die Diagnose auf Phthisis gestellt werden konnte. Es ist dieses Resultat um so höher anzuschlagen, da ja die Therapie ungleich viel wirksamer einzutreten im Stande ist, je frühzeitiger die Krankheit erkannt wird.

Hier möchte ich einen Fall von Pneumonie erwähnen, bei welchem unter consumirendem Fieber die Infiltration des R. Oberlappens fortbestand, und wo bei sehr zahlreichen Untersuchungen lange Zeit keine Bacillen gefunden werden konnten. Erst wenige Tage vor dem Tode traten mit einemmale ziemlich reichliche Stäbchen auf, und es legt diese Beobachtung den Gedanken nahe, dass es sich hier um eine tuberculöse Umwandlung des pneumonischen Infiltrats handelte, deren Producte anfangs nicht mit den Bronchien in offener Communication standen, und erst zum Schluss erweicht und expectorirt wurden. Bei der Obduction fanden sich in dem pneumonisch infiltrirten Oberlappen zahlreiche graue Knötchen, von denen einige confluirt und erweicht waren.

Wenn nun der Nachweis der Bacillen für die Erkenntniss der beginnenden Lungenschwindsucht von der grössten Bedeutung ist, so gilt dies in fast noch höherem Grade bei der Differentialdiagnose zwischen der Tuberkulose und anderweitigen Erkrankungen der Lunge, vor allem der Bronchitis, der Bronchiectasie und der chron. Pneumonie.

So gelang es in mehreren Fällen, welche anfangs das Bild der Phthise darboten, aus dem constanten Fehlen der Bacillen die Diagnose auf Bronchiectasie zu stellen, was durch den weiteren Verlauf sich auch bestätigte; andererseits konnte aus dem Vorhandensein derselben bei einem Fall mit Infiltration des R. Unterlappens die tuberculöse Natur der Erkrankung erkannt werden. Der Kranke ging rasch zu Grunde und die Obduction hat die Diagnose bestätigt.

Bei zwei Patienten konnten wir den Verdacht auf Lungensyphilis durch den Nachweis der Bacillen widerlegen. Gerade in diesen Fällen ist es einleuchtend, von wie viel grösserer differentialdiagnostischer Bedeutung die Tuberkelbacillen im Auswurf sind, als der Befund der elastischen Fasern, welche ja bei allen destruirenden Processen des ganzen Respirationstractus erscheinen können, und deren Nachweis oft ein viel schwierigerer ist.

Bei den anerkannten Schwierigkeiten, welche die physikalische Untersuchung einer comprimirten Lunge darbietet, ist es ferner von grossem Interesse, den Auswurf von Pleuritiskranken zu untersuchen. Liegt ja doch der Hauptpunkt der Diagnose und Prognose in der Bestimmung, ob die Pleuritis auf Phthisis der Lunge beruht.

Von 12 Pleuritiskranken, deren Sputa untersucht wurden, zeigten 6 negatives Resultat und übereinstimmend damit einen günstigen Verlauf ihrer Krankheit mit allmäliger spontaner Resorption des Exsudates.

Bei 6 anderen fanden sich Stäbchen und bei 3 derselben konnte allein aus diesem Befunde beim Fehlen aller anderen Symptome die Diagnose auf Lungenphthise und damit eine ungünstige Prognose für die ganze Krankheit gestellt werden.

Die Hoffnung, das Exsudat selbst zu diagnostischen Zwecken verwenden zu können, erwies sich als irrig. In 9 durch die Probepunction entleerten Pleuraexsudaten theils seröser, theils eitriger Natur konnte kein Stäbchen gefunden werden, trotzdem dass sich bei 4 Fällen eine deutliche Infiltration der gleich-

seitigen Lunge und Bacillen im Auswurf nachweisen liessen. Auch das peritonitische Exsudat zweier Patienten mit Verdacht auf Bauchfell-Tuberkulose wurde vergebens untersucht.

Desto wichtiger war nun der Befund von zahlreichen Stäbchen in der eitrigen Flüssigkeit eines Pneumothorax, bei welchem die Obduction eine etwa linsengrosse Communication zwischen einer Caverne und der Pleurahöhle zeigte, ferner von spärlichen in einem Seropneumothorax, der gleichfalls als ein offener diagnosticirt worden war. In beiden Fällen hatte sich Caverneninhalt mit seinen Bacillen in den Pleurasack ergossen, und es liegt nun nahe, den Nachweis derselben zur Diagnose eines von einer tuberculösen Caverne ausgehenden, und offenen Pneumothorax zu verwenden. Bei dem zweiten Falle konnten in dem nach 3 Wochen wieder entleerten, nunmehr eitrigen Exsudat abermals nur sehr spärliche Stäbchen gefunden werden (3 Bacillen in 16 Präparaten) und es scheint dies dafür zu sprechen, dass das Pleuraexsudat einen für ihre Vermehrung ungünstigen Nährboden darstellt. Ferner ist dieser Fall noch dadurch merkwürdig, dass sich seit dem Auftreten des Pneumothorax in dem spärlich entleerten Sputum nur ausserordentlich wenig und kleine Bacillen finden. Offenbar ist der Krankheitsprocess in der comprimirten Lunge ein weniger intensiver geworden, was sich auch in der Besserung des Allgemeinbefindens und des Kräftezustandes zu erkennen gibt. Es schliesst sich diese Beobachtung den jüngst von *Bülau* und *Curschmann* veröffentlichten an.

Was nun aber die Verwerthbarkeit der Tuberkelbacillen zur Differentialdiagnose der Kehlkopfgeschwüre anlangt, so kann dieselbe nur mit Reserve anerkannt werden. Allerdings konnten auch wir in dem durch den Pinsel entnommenen Secret von tuberculösen Geschwüren mehrmals Bacillen nachweisen; als wir jedoch den intacten Larynx eines Patienten auspinselten, der an Lungentuberkulose litt, fand sich gleichfalls eine bedeutende Anzahl von Stäbchen. Es muss also, um diese Methode von *Fränkel* anwenden zu können, zuerst die Tuberkulose der Lunge mit Sicherheit ausgeschlossen sein.

Aehnliches gilt von der Untersuchung des Stuhlganges, in welchem sich bei Diarrhöen phthisischer Individuen mehrmals spärliche, in kleinen grauen Fetzchen eingeschlossene Bacillen fanden. Da diese sehr leicht auch durch verschlucktes Sputum in

Digitized by Google

den Stuhl gelangt sein können, so spricht der Nachweis derselben nicht mit Sicherheit für Darmtuberkulose.

Vergebens wurde auch die Exspirationsluft von Tuberkulösen untersucht. Es wurden zu diesem Zwecke Fälle gewählt mit besonders grossen Mengen von Bacillen im Sputum. Der Versuch wurde zuerst so angestellt, dass die Patienten gegen Glasplatten athmeten und husteten, welche mit Glycerin bestrichen waren. Der Glycerinüberzug wurde darauf abgekratzt, und auf die gewöhnliche Weise gefärbt und untersucht. Da sich nun in demselben keine Bacillen, wohl aber eine grosse Menge von Verunreinigungen aller Art fanden, so musste zu einer anderen Modification des Versuchs geschritten werden. In zwei Fällen athmeten die Patienten dreimal im Tage je eine halbe Stunde lang durch Ventilflaschen, wobei die Exspirationsluft durch Wasser geleitet wurde, um darin die Bacillen zurückzuhalten; in zwei anderen Fällen durch eine in Eis gekühlte Flasche, in welcher sich die Wasserdämpfe der Exspirationsluft condensirten und die Stäbchen mitreissen sollten. Bei keinem dieser Versuche konnten Bacillen gefunden werden. Es stimmt dieses Resultat mit dem *Nägeli*'schen Satz überein, dass Microorganismen sich aus einem feuchten Medium nicht losreissen können, sowie auch mit den Versuchen von *Günther* und *Harms* u. A., welche Kaninchen durch den Athem tuberculöser Thiere und Menschen nicht inficiren konnten.

Nachdem nun aus unseren Versuchen dem Vorkommen der Tuberkelbacillen im Sputum in diagnostischer Hinsicht eine grosse Bedeutung zuerkannt werden musste, blieb es noch übrig, auf ihre Zahl und Grösse zu achten, und diese in Verbindung zu bringen mit dem Verlauf, der Prognose des Falles.

Im Allgemeinen fand sich nun der von *Fräntzel* und *Balmer* aufgestellte Satz bestätigt, dass, wo zahlreiche Bacillen vorhanden sind, auch der Verlauf der Phthise ein rapider und fieberhafter ist, dass dagegen chronische und wenig ausgebreitete Processe meist mit spärlichen Bacillen im Auswurf einhergehen. Doch finden sich auch zahlreiche Ausnahmen von dieser Regel. Erstens kommen acute fieberhafte Fälle vor, bei welchen sich stets nur spärliche Stäbchen auffinden lassen und in einem unserer Fälle fand dies seine Erklärung, indem bei der Obduction ausgebreitete gallertige Infiltration der Lunge vorhanden war mit

nur spärlicher Entwicklung verkäster Knoten und wenigen kleinen Cavernen.

Andererseits gibt es auch Patienten, die mit grossen Mengen von Bacillen im Auswurf sich doch lange und ziemlich gut erhalten und kein Fieber zeigen, und es scheint nach diesen Fällen, als ob die Massenhaftigkeit der Stäbchen mit der Menge des Cavernensecretes in einem gewissen Zusammenhang stände. Es ist ja eine bekannte Thatsache, dass der Inhalt der Cavernen einen besonders günstigen Nährboden für die Entwicklung der Bacillen darbietet, und es geht dies u. a. schon daraus hervor, dass dieselben sich nicht wie die elastischen Fasern nur in käsigen Bröckeln vorfinden, sondern auch in den übrigen eitrig schleimigen Partien des Sputums reichlich und gleichmässig vertheilt sind.

Aber auch durch die pathologisch anatomische Untersuchung wird es bewiesen, dass die Innenwand der Caverne ein Hauptsitz der Bacillenwucherung ist. Untersucht man nämlich den eitrigen Inhalt einer Caverne, so findet man eine enorme Anzahl von Stäbchen der verschiedensten Grösse von den dicksten und längsten bis herab zu den kleinsten und jüngsten Formen und daneben eine grosse Menge rothgefärbter Körnchen, die wohl als Sporen anzusehen sind. Sie liegen oft in Haufen und Colonien beisammen. Auch in käsigen Stückchen des Lungengewebes finden sich noch zahlreiche Stäbchen; in der entzündlich infiltrirten eigentlichen Cavernenwand jedoch sind dieselben ausserordentlich spärlich, und scheinen oft ganz zu fehlen. Auf diese merkwürdige Thatsache wirft die Entwicklungsgeschichte der Caverne ein Licht. Untersucht man nämlich die am frischesten befallenen, unteren Partien der Lunge, so findet man als erstes Stadium im entzündlich infiltrirten Gewebe zerstreut einzelne kleine Bacillenhäufchen, die oft in unmittelbarer Nähe der Bronchiolen angeordnet sind und so den Process als einen peribronchitischen bezeichnen. Als zweites Stadium trifft man kleine necrotische Herde von homogenem Aussehen und schwacher Färbung, in deren Mitte nun häufig viel reichlichere Bakteriencolonien angeordnet sind. In vielen dieser Herde scheinen sie zu fehlen, und es muss angenommen werden, dass sie dann eben durch den Schnitt nicht getroffen worden sind. Diese necrotischen Partien sind meist von einer entzündlichen Infiltration scharf umgrenzt, die als Demarcationslinie das gesunde Gewebe von dem inficirten und necrotisirten trennt. An manchen Stellen ist jedoch dieser Entzündungswall nicht oder nur undeut-

lich ausgesprochen, und hier scheint der Process im Fortschreiten begriffen. Schliesslich wird nun das necrotisirte Gewebe erweicht und expectorirt, und die bacillenfreie Entzündungszone bleibt als Wand der Caverne zurück, während in dem von ihr abgesonderten Eiter, sowie in Resten necrotisirten Gewebes die Bacillen wuchern.

Was nun die Grösse der Bacillen anlangt, so ist dieselbe am geringsten, wo wir junge und in Entwicklung begriffene vor uns haben: in den kleinen Knötchen der Basilarmeningitis und der Miliartuberkulose, sowie in den jüngsten peribronchitischen Herden. Auch auf der Innenwand der Cavernen finden sich, wie gesagt, neben den grossen Formen stets kleine und kleinste. Dementsprechend sind nun in Sputis, welche grosse Mengen von Stäbchen enthalten, stets Körnchen und kleine Bacillen mit grossen und hypertrophischen gemischt. Die letzteren haben eine Länge von bis zu 6 und 8 μ, und zeigen meist eine Differenzirung in eine Reihe von verschieden intensiv gefärbten Körnchen. Da nun die grossen Formen sich in der Ueberzahl befinden, so ist die Durchschnittsgrösse hierbei nach zahlreichen Messungen eine etwas grössere als bei den spärlichen Stäbchen langsam sich entwickelnder Processe, die fast stets dieselbe Mittelgrösse zeigen.

Zum Schlusse möchte ich noch auf die grosse Aehnlichkeit hinweisen, welche zwischen den Microorganismen jener beiden chronischen Infectionskrankheiten, der Tuberkulose und der Lepra in so vieler, besonders auch in tinctorieller Hinsicht besteht. Beide zeigen dieselben Formen, dieselbe Sporenbildung und ähnliche gruppenförmige Anordnung. Beide finden sich häufig in Zellen eingelagert, die einen in Riesenzellen, die anderen in den Leprazellen. Auffallend aber ist die Thatsache, dass bei der so exquisit chronischen Lepra die Bacillen sämmtliche Knoten und Infiltrate in enormer Massenhaftigkeit erfüllen, während sich bei der ungleich viel acuter und destruirender verlaufenden Tuberkulose stets nur spärliche Stäbchen in den befallenen Organen vorfinden.

Herr *Gerhardt* erklärt es für Pflicht derjenigen Anstalten, welchen das geeignete Krankenmaterial zur Verfügung stehe, die Frage der Tuberkelbacillen aufzunehmen. Wer allerdings die auf diesen Gegenstand bezüglichen Präparate von Koch gesehen habe, sei der Ueberzeugung, dass es sich hier um eine solide Untersuchung und zuverlässige Resultate handele. In den Untersuchungen des Herrn *Müller* habe eine Uebereinstimmung zwischen klinischer (physikalischer) und mikroskopischer Untersuchung bestanden. Die Auffindung von Bacillen sei daher in Fällen ungewisser physikalischer Diagnose: in frühen Stadien der Krank-

heit sowie da wo durch Compression von Lungentheilen die Schallverhältnisse geändert seien, wichtig; sie sei zuverlässiger als die elastischen Fasern, welche fehlen, aus syphilitischen Trachealgeschwüren und aus der Nahrung stammen können; sei also von diagnostischer und prognostischer Bedeutung. Die Feststellung, dass im Pleuraexsudat keine Bacillen vorkommen, während sie im offenen Pneumothorax gefunden werden, sei neu und werfe Licht auf die Lebensbedingungen des Bacillus. — Auf die pathogenetische Seite der Frage, welche heutzutage Glaubenssache sei, wolle er nicht eingehen.

Herr *Michel* theilt mit, dass von dem Ophthalmologen *Gunn* Untersuchungen gemacht wurden, ob die Expirationsluft Bacterien mit sich führe, mit Rücksicht auf die Frage, ob hiedurch eine Infection von Operationswunden am Auge herbeigeführt werde. Die Versuche hatten ein negatives Ergebniss.

Herr *Müller* schliesst die Bemerkung an, dass ein Engländer *Rausome* in der Exspirationsluft Bacillen gefunden haben wolle, eine Angabe, die jedoch zu unbestimmt gemacht sei, als dass eine Kritik derselben möglich sei.

Neue Beweise für die Abstammung der Erze aus dem Nebengestein.

Von

F. SANDBERGER.[1])

Im Jahre 1879 schloss *v. Groddeck* seine „Lehre von den Lagerstätten der Erze“ mit folgenden Sätzen: „Ein besonderer Werth ist auf die chemischen Untersuchungen zu legen, die, von *G. Bischof* angebahnt, jetzt in so vielversprechender Weise von *F. Sandberger* aufgenommen sind. Es werden so viele Detailstudien in der Petrographie, Paläontologie etc. gemacht, warum nicht mehr auf diesem schwierigen Gebiete, dessen Bearbeitung einen so hohen wissenschaftlichen und praktischen Nutzen verspricht? Durch solche Detailstudien und richtige Verwerthung derselben zur Charakteristik der typischen Entwicklungsformen der Erzlagerstätten werden wir uns auf diesem Gebiete geologischer Wissenschaft immer mehr der Wahrheit nähern.“ Es war die erste Meinungsäusserung eines bewährten und vorurtheilsfreien Sachkenners über die Bedeutung von Studien, welche mich drei Jahre beschäftigt hatten und deren erste Resultate ich in der Berg- und Hüttenmännischen Zeitung 1877 S. 377—381 und 389 bis 392 mitgetheilt hatte. Allein das warme Interesse, welches der Director der Berg-Akademie zu Clausthal dem Gegenstande entgegengebracht hatte, fand in Freiberg keinen Wiederhall. Vielmehr wurden meine durchaus anspruchslosen Mittheilungen von dem dortigen Vertreter der Geologie in einem auf der Versammlung der Deutschen geologischen Gesellschaft zu Baden-Baden am 26. September 1879 gehaltenen Vortrage einer sehr eingehenden Kritik[2]) unterzogen, welche jedoch nicht auf Ver-

[1]) Zur Ergänzung der am 27. Januar d. J. gemachten Mittheilungen über diesen Gegenstand.

[2]) Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1880 S. 18 ff.

suchen beruhende chemische Thatsachen, sondern nur theoretische Gegengründe der plutonistischen Schule ins Feld führte, die ich in einer Replik[1]) ausführlich widerlegte. Ueber diese Polemik hat *C. Vogt* in der Neuen Freien Presse vom 16. December 1880 ausführlich berichtet und mir den endlichen Sieg verheissen, was mich damals herzlich gefreut hat, da ich sein klares Urtheil sehr hoch anschlage. Aber weder diese Replik, noch das inzwischen erschienene erste Heft meiner „Untersuchungen über Erzgänge", Wiesbaden, Kreidel 1882, hat Herrn Professor *Stelzner* zu überzeugen vermocht, wie noch aus seiner neuesten Auslassung über letzteres[2]) hervorgeht.

Indessen sind denn doch endlich in Freiberg Untersuchungen in den Gang gekommen, welche den meinigen analog die Glimmer der Freiberger Gneisse in grösserer Menge zu isoliren und mit besonderer Rücksicht auf die darin enthaltenen Elemente der Erze der Freiberger Gänge chemisch zu prüfen beabsichtigen. Damit wäre also auch dort der Weg eingeschlagen, welcher für das Erzgebirge allein zu einer Entscheidung zu führen geeignet ist. Ich kann das Resultat dieser Untersuchungen um so ruhiger erwarten, als ich bereits durch eigene Arbeit mit der Zusammensetzung von Freiberger Glimmern bekannt bin.[3])

So sehr ich bedauert habe, in einer so wichtigen Sache gerade in Freiberg auf Nichtverständniss zu stossen, so habe ich mich doch bald überzeugt, dass es sich dort nur um die Meinung eines Einzelnen handelt, die als Referat desselben in mehreren Zeitschriften wiederkehrt und welcher überdiess die entgegengesetzten Ansichten *F. v. Hauers*[4]) und so mancher anderer Autoritäten gegenüberstehen. Neben diesen schlage ich viele zustimmende Aeusserungen praktischer Bergleute ganz besonders hoch an.

Anders steht die Sache schon in Leipzig. Als ich vor drei Jahren in den schwarzen Glimmern des sog. Eibenstocker Granits, welche von allen früheren Beschreibern dieses Gesteins, *G. Rose*,[5]) *Naumann*, *H. Müller*, *Prölss* u. s. w. als „Magnesiaglimmer" auf-

---

[1]) Berg- und Hüttenm. Ztg 1880 S. 329 ff.

[2]) Kritischer Vierteljahrsbericht über Berg- und Hüttenm. Litteratur I. Jahrg. Nr. 3/4. S. 7.

[3]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1880 S. 391. Untersuchungen über Erzgänge. I. S. 25.

[4]) Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 1882 S. 35.

[5]) Deutsche geol. Gesellsch. I. S. 362.

geführt worden waren, ächte Eisenlithionglimmer mit einem bemerkbaren Gehalte an Zinn, Wismuth, Uran und Arsen erkannt hatte,[1]) wurde diese Angabe von Hrn. Dr. *H. Schröder* im Interesse der k. sächsischen Landesanstalt im Laboratorium des Hrn. Professor *W. Knop* geprüft und durchaus bestätigt gefunden.[2]) Der Gehalt an Zinnsäure ergab sich dabei zu 0,22%, also annähernd doppelt so hoch, als der s. Z. von Dr. *Niemeyer* in meinem Laboratorium ermittelte des eisenärmeren Zinnwaldits. Bemerkenswerth ist ferner der hohe Fluorgehalt (über 4%) dieser Glimmer. Ausserdem gehört es auch zu den Eigenthümlichkeiten des Gesteins, dass in ihm zwei trikline Feldspathe vorkommen, von welchen der vorherrschende nahezu reiner Albit, der seltenere Oligoklas ist. Zugleich wurde auch die schon aus *H. Müller*'s[3]) schöner Abhandlung über das Erzrevier von Schneeberg bekannte Thatsache bestätigt, dass die Zinnerz führenden Gänge der Gegend von Schneeberg an diesen Granit gebunden sind. Ich nahm dann Veranlassung, die Fortsetzung dieses in Structur und Korn sehr veränderlichen, aber stets durch tiefbraunen Eisenlithionglimmer charakterisirten Granits nach Böhmen einschliesslich der Gegend von Karlsbad zu untersuchen. Das Resultat bestand darin, dass ich *Laube*[4]) vollkommen Recht geben muss, wenn er *Jokely*'s Zinngranit,[5]) *v. Hochstetter*'s Kreuzberg- und Karlsbader Granit[6]) nur als Varietäten eines und desselben Granittypus ansieht; der „Hirschensprunggranit" ist aber auch nichts anderes. Auch *Laube* entging der Lithion- und natürlich auch der Zinngehalt in dem dunkeln Glimmer. Ersteren hat *Jokely* offenbar in solchen Graniten beobachtet,[7]) gibt ihn aber seltsamer Weise in dem weissen Glimmer des Granits an, der nach meinen Erfahrungen ächter Kaliglimmer ist. Ich vermuthe, dass *Jokely* einen schon durch Zersetzung entfärbten schwarzen Glimmer oder einen Zinnwaldit untersucht hat, der in Drusen dieser Granite als Neubildung auf-

[1]) N. Jahrb. f. Min. 1880. I. S. 257.

[2]) S. Erläuterungen zu den Sectionen Schneeberg und Eibenstock.

[3]) *v. Cotta*'s Gangstudien III. S. 65 ff. *Oppe*, das. II S. 133 ff.

[4]) Geologie des böhmischen Erzgebirges. Arch der naturw. Landesdurchforschung von Böhmen III. 2. Abth. 3. Heft S. 21.

[5]) Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. VIII. 1857 S. 7 ff.

[6]) Sitzungsber. d. k. Acad. der Wissensch. zu Wien, math.-naturw. Cl. XX. S. 18 ff.

[7]) a. a. O. S. 8.

tritt. Sämmtliche Zinnsteinvorkommen auf der böhmischen Seite des Erzgebirgs, Platten, Hengstererb u. s. w. gehören ebensowohl dem Lithionit-Granit an, als die auf der sächsischen. Dieses durch petrographische und chemische Untersuchung der Gesteine gewonnene Resultat wird, wie mir Hr. Dr. *F. Schalch* brieflich mittheilte, durch die neuesten Beobachtungen der Geologen der k. sächsischen Landesaufnahme durchaus bestätigt. Aber damit nicht genug. Die, man darf sagen, überraschende Uebereinstimmung zahlreicher, in grossen Stöcken auftretender Granite des Fichtelgebirges mit denen des Eibenstock-Karlsbader Gebietes forderte geradezu zu einer neuen Untersuchung der ersteren heraus. Auch bei diesen ist die Veränderlichkeit in Structur und Korn, mittelgrobkörnig (*Gümbel*'s Krystallgranit z. Th.), feinkörnig mit mehr oder weniger reichlich porphyrartig eingewachsenen trefflichen Orthoklaskrystallen, dann in Bezug auf den Gehalt an weissem Glimmer sehr gross. Die accessorischen Bestandtheile sind dieselben, wie in dem Eibenstocker Granit, häufig schwarzer, braun dsrchscheinender Turmalin[1]) (T. ferrosus Breith.), seltener Topas, welcher nur in dem grobkörnigen Gesteine des Rudolphsteins in grösserer Menge gefunden wurde. Auch hier hat wohl, wie im Erzgebirge, der Umstand von jeder Prüfung der Glimmer abgehalten, dass *G. Rose* in seiner oben erwähnten bekannten Abhandlung über den Granit[2]) die schwarzen Glimmer der Granite stets als „Magnesiaglimmer" bezeichnet, wenn er auch bemerkt, dass es sehr wünschenswerth wäre, dass auch der braune Glimmer der Granite untersucht und mit dem grünen (d. h. grün durchscheinenden) genau verglichen würde. Speziell vom Fichtelgebirge führt er solche „Magnesiaglimmer" enthaltende Granite vom Fichtelberge und von Marktleuthen auf, während an beiden Orten nur ächter schwarzbrauner Eisenlithionit vorkommt. In der That hat meine Untersuchung der Granite des Schneebergstockes,[3]) des Marktleuthner und Selber Stocks,[4]) dann der Waldstein- und Reuthberg-Gruppe[5]) ergeben, dass diese sämmtlich aus Lithionitgranit bestehen, welcher jünger ist, als der lithionfreien Glimmer führende Haupt-Hornblende-

[1]) Die untersuchten Proben enthielten weder Lithion noch Zinn.

[2]) Deutsche geol. Gesellsch. I. S. 356.

[3]) *Gümbel*, Geogn. Beschreibung d. Fichtelgebirges S. 362.

[4]) Ders. S. 364.

[5]) Ders. S. 366.

Granit von Redwitz.[1]) Die bis jetzt zur Untersuchung gelangten grobkörnigen Gesteine aus dem Kössein-Stock (Luisenburg), dann vom grossen und kleinen Kornberg[2]) enthielten dagegen keinen lithionreichen dunkelen Glimmer, diese scheinen vielmehr Kali-Eisenglimmer oder Haughtonite zu sein. Von Fichtelgebirger Ganggraniten führt nur ein einziger, ausserhalb des Gebietes jener Stöcke vorkommender, nämlich jener von Eulenlohe Lithionglimmer,[3]) es ist ein Lithionit-Pegmatit, welcher den bekannten von Penig, Utöen, Chesterfield, Haddam und Elba entspricht. „Der aufgelöste Granit enthält," wie sich *A. v. Humboldt*[4]) in einer Relation über die Erzführung des Gebirgs ausdrückt, „die Zinngeschiebe am ganzen morgendlichen Abhange des Fichtelgebirges von der hohen Farrenleithe bis an die Luxburg und Weissenstadt. Eben dieser Zinnstein, welcher ehemals im Granite eingesprengt (resp. auf Klüften oder Gängen ausgeschieden, *Sandberger*), aber durch Fluthen wieder weggerissen wurde, zeigt an der Aehnlichkeit seiner Formation mit dem Zinnwalder, Graupener und Altenberger (ich würde sagen Eibenstocker, *Sandberger*) genugsam den Zusammenhang des Fichtelgebirges mit dem böhmischen Erzgebirge." In der That besteht über diesen auch von anderer Seite her kein Zweifel mehr und *Gümbel* betont noch neuerdings ausdrücklich, dass die Längenausdehnung der den Cantralstock des Fichtelgebirges bildenden (Lithionit-)Granite „ganz im Allgemeinen von der Erzgebirgsrichtung beherrscht ist."[5]) Wen kann es wundern, wenn die Zinnsteinführung ebenso an diese Gesteine gebunden erscheint, wie an die des Eibenstock-Neudecker Stockes, ist doch der überall in genügender Menge vorkommende Lithionglimmer ganz der gleiche wie dort! Die Auslaugungs-Theorie erklärt also auch hier in einfachster Weise den so lange räthselhaften Zusammenhang der Zinnsteinvorkommen mit gewissen Graniten des Fichtelgebirges.

Die vorstehenden Resultate mussten in mir den Wunsch

---

[1]) *Gümbel* a. a. O. S. 358.

[2]) Prophyrartige aus diesen Stöcken habe ich noch nicht erhalten, kann daher über sie nicht urtheilen.

[3]) *F. Sandberger* Sitzungsber. d. k. b. Acad. d. Wissensch. math.-naturw. Cl. 1871 S. 193.

[4]) Abgedruckt bei Gümbel a. a. O. S. 363. Anm. Leider fehlt die Angabe der Jahrzahl dieses Actenstücks.

[5]) *Gümbel* a. a. O. S. 357.

erregen, auch die französischen und englischen Granite in den Bereich meiner Untersuchungen ziehen zu können, in welchen oder in deren nächster Nachbarschaft Zinnerzgänge aufsetzen. Die Granite der Gegend von Vaulry (Haute Vienne) und Montebras (Creuse) wurden mir mit dankenswerthester Zuvorkommenheit von Herrn *E. Bertrand* in Paris mitgetheilt. Der erstere ist von grobkörnigen Eibenstocker und Fichtelgebirger Lithionit-Graniten in keiner Weise unterscheidbar, d. h. er enthält denselben dunkeln Lithionit und daneben einen lithionfreien Kaliglimmer (mica blanc) wie jene, der zweite dürfte in seinem dunkelen Glimmer wohl das Maximum von Lithion bergen, welches mir bisher in einem Glimmer begegnet ist, und daneben sehr viel Fluor. Beide Glimmer sind bisher in Frankreich, soweit ich nach der betreffenden Litteratur urtheilen kann, unbeachtet geblieben, während der fast farblose Lepidolith in dem an die betreffenden Granite anstossenden sog. Greisen längst als solcher erkannt wurde. Ob das feldspathfreie Lepidolith-Gestein von Vaulry und Montebras wie der ächte Greisen des Erzgebirges aus dem angrenzenden Lithionitgranit oder aus Pegmatiten, welche sich zwischen ihm und dem Gneisse einschieben, durch Zersetzung hervorgeht, wage ich für jetzt nicht zu entscheiden.[1]) Dass die Zinnerzführung in Central-Frankreich ebensowohl als im Erz- und Fichtelgebirge an einen ganz bestimmten Lithionit-Granit gebunden ist, unterliegt nach Obigem ohnehin keinem Zweifel mehr.

Für Cornwall gestaltet sich die Sache noch einfacher. Hier hatte man längst braune Lithionglimmer in den Graniten der Zinnerzregion von St. Just, St. Dennis u. s. w. aufgefunden, man hatte nur ihren später von mir entdeckten Gehalt an Zinnsäure u. s. w. übersehen. Was mir bisher als „Elvan“ zugegangen ist, stellt einen mehr oder minder feinkörnigen Granit mit schwarzem lithionreichem und weissem lithionfreiem Glimmer[2]) dar, welcher vielen feinkörnigen Gesteinen aus dem Eibenstock-Neudecker Zuge und namentlich auch Karlsbader Kreuzberg-

[1]) Für das ähnliche Gestein von Rozena ist ein Zusammenhang mit dem anstossenden Granite dadurch ausgeschlossen, dass weder der Glimmer (lichter Kaliglimmer) noch der schwarze Turmalin des letzteren Lithionreactionen gibt.

[2]) Merkwürdiger Weise gibt auch hier *Phillips* (Quart. Journ. geol. soc. of London XXXI. p. 331) Lithion nur im weissen Glimmer an, vermuthlich auch in einem ausgelaugten.

Graniten frappant ähnlich ist. Auch für Cornwall dürfte die Entdeckung des Zinnsäure-, Arsen-, Kupfer- und Urangehalts der Lithionglimmer die Frage nach der Herkunft der Gangausfüllungen in einfachster Weise lösen. *Phillips* hatte schon 1875[1]) die Möglichkeit der Entstehung derselben durch Lateral-Secretion hervorgehoben, indem er sagt: „The effects produced on the contents of veins by the nature of the enclosing rock and the frequent deposits of ore parallel with the line of the dip of the adjoining country would, however, lead to the conclusion, that lateral infiltration must have materially influenced the results." Dieser Auffassung schliesst sich *Collins* in dem neuesten Hefte des Mineralogical Magazine vol. V. p. 130 an. Wie sehr weit noch im Jahre 1875 die Ansichten über die Art der Ausfüllung der Cornwaller Erzgänge auseinandergingen, ersieht man aus der Discussion über den oben erwähnten Vortrag von *Phillips* in der Londoner geologischen Gesellschaft genügend. Nur beiläufig mag hier bemerkt werden, dass auch der interessante Granit der Mourne-Berge in Irland ein Lithionit-Granit ist, in dessen Bereiche ebenfalls Zinnstein vorkommt.

Das Resultat dieser Erörterung, welche, wenn auch nur die entscheidenden Thatsachen betonend, doch alle wichtigeren Zinnerzreviere Europa's berührt hat, ist nach zwei Richtungen hin interessant. Einmal zeigt es eine bisher ganz ungeahnte Verbreitung von Lithionit-Granit in Europa, welche sich fast sicher in anderen Welttheilen, namentlich in Ostindien, wiederholen wird, zweitens aber weist es nach, dass der Zinnsäuregehalt des Lithionits dieser Granite die Quelle des Zinnerzes ist, welches bei seiner stets von Flussspathbildung begleiteten Zersetzung auf Spalten, Klüftchen oder auch im ganz zerfallenen Gesteine selbst abgelagert wird. Die ausserhalb des Lithionit-Granits auftretenden Zinnerzvorkommen stehen an Zahl hinter den nachweisbar an ihn gebundenen weit zurück, sie sind noch Gegenstand meiner Studien, welche nebst den für das volle Verständniss des oben Mitgetheilten erforderlichen Details an einem anderen Orte zur Erörterung kommen sollen. Wenn der Zinnsäure- und Lithion-Gehalt von weiteren schwarzen Lithioniten bestimmt worden ist, so wird man den Zinngehalt eines Granits direct aus dem Lithion oder noch einfacher aus dem Eisengehalte

[1]) A. a. O. p. 342.

desselben berechnen können, falls derselbe von Turmalin und Kali-Glimmer frei ist.

Ungleich grossartiger als die hier vorgeführten eigenen, mit beschränkten Mitteln erlangten Beweise für die Auslaugungs-Theorie in Bezug auf die Zinnsteinlagerstätten gestalten sich die von Anderen mit den reichsten Hülfsmitteln gewonnenen auf dem Gebiete der gigantischen Gold und Silber führenden Erzablagerungen Nordamerikas.

Es mag hier in erster Linie das Resultat der neuesten Untersuchung der Nebengesteine des Comstock-Ganges in Nevada, des mächtigsten der Erde, in deutscher Uebertragung angeführt werden [1]). „Bekanntlich hat Professor *F. Sandberger* die Lateral-Secretions-Theorie der Erzlagerstätten sehr kräftig vertheidigt [2]). In der Absicht, die Wahrscheinlichkeit dieser Theorie in Bezug auf den Comstock zu prüfen, wurden die Gesteine des Districts unter Anwendung aller möglichen Vorsichtsmassregeln der hüttenmännischen Probe unterworfen [3]). Jene Felsarten, welche als edle Metalle führend befunden worden waren, wurden dann nach *Thoulet*'s Methode in ihre Bestandmineralien zerlegt und die edlen Metalle bis zu ihrer mineralischen Urquelle verfolgt. Die Resultate dieser Untersuchung liessen manche interessante Thatsachen wahrnehmen, unter welchen sich die folgenden befinden: 1) Der Diabas zeigt einen bemerkenswerthen Gehalt an edlen Metallen, von welchen der grösste Theil dem Augit angehört. 2) Der zersetzte Diabas enthält ungefähr halb so viel edle Metalle als der frische. 3) Die relativen Quantitäten von Gold und Silber entsprechen ziemlich gut der bekannten Zusammensetzung der güldischen Silberbarren des Comstock. 4) Die ganze bekannte Diabasmasse würde hinreichen, um noch weit mehr Edelmetall zu liefern, als bis jetzt aus den Gruben herausgenommen worden ist [4]).

Der Comstock setzt also nicht in Propylit auf, der nach

---

[1]) A Summary of the geology of the Comstock-Lode by *G. F. Becker*. Extract from the annual report of the director of the U. S. geological survey Washington 1882. p. 309.

[2]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1880. S. 402 u. a. a. O.

[3]) Die Proben und Trennungen wurden von Herrn *J. S. Curtis*, U. S. Geologist ausgeführt, welcher als Probirer viele Erfahrungen gemacht hatte. Er beaufsichtigte auch die Herstellung einer besonderen Portion Bleiglätte zu diesem Zweck.

[4]) Das von 1859 bis 1882 von dem Comstock gewonnene hatte einen Werth von 315 Millionen Pfund = 6,426,000,000 Mark.

Becker in Nordamerika überhaupt nur irrthümlich angegeben wurde [1]), sondern im Diabas. Hiernach darf der Comstock nicht, wie bisher geschehen, mit Schemnitz und anderen ungarischen und siebenbürgischen Lagerstätten verglichen werden, sondern sein Analogon in Europa ist zunächst Andreasberg am Harze. Für den dortigen Diabas und speziell für dessen Augit erhielt ich bereits 1876 fast genau dasselbe Resultat, welches hier für den Comstock vorgeführt wird [2]). Es scheint auch, dass dieses in der neuesten Arbeit von *E. Kayser* [3]) über diese Gegend nicht unbeachtet geblieben ist, zum wenigsten wird für die Wahrscheinlichkeit der Abstammung der Gang-Ausfüllung aus dem Diabase ausser den jetzt erst genauer gewürdigten Lagerungsverhältnissen derselbe Grund, das Auftreten der Zeolithe, angeführt, welcher mich s. Z. veranlasste, Untersuchungen über den Augit des Diabases anzustellen, die einen hohen Metallgehalt desselben ergaben.

Die Erzlagerstätten von Leadville in Colorado [4]) sind zwar nur zum kleinsten Theile Gänge, sondern enorme lagerartige Anhäufungen von gold- und silberhaltigem Bleiglanze, welche sich innerhalb eines von zahlreichen Verwerfungen und einigen Porphyrgängen durchsetzten Terrains regelmässig an der Grenze von Kohlenkalk (Blue limestone) gegen die überlagernden Porphyrströme befinden. Aus den Untersuchungen von *S. F. Emmons*, welche ganz übereinstimmend mit den von mir [5]) geäusserten Vorschlägen mit möglichst wenig zersetzten und nicht aus der unmittelbaren Nachbarschaft der Erzablagerungen entnommenen Gesteinen angestellt wurden, ergab sich, dass nur die eruptiven Gesteine die schweren und edlen Metalle enthalten, und dass sie sich besonders in einem Porphyre finden, dessen Glimmer sich schliesslich in Chlorit umwandelt und aus welchem sich Eisenkies in Menge ausscheidet [6]) dem pyritiferous porphyry. Die hüttenmännische Untersuchung von 11 Stücken dieses Por-

[1]) A. a. O. p. 298.

[2]) Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1877. S. 390.

[3]) Das Spaltensystem am SW-Abfall des Brocken-Massivs, insbesondere in der Gegend von Andreasberg. Jahrb. d. k. preuss. geol. Landesanstalt 1882. S. 453.

[4]) *S. F. Emmons* Geology and Mining Industry of Leadville. Extract from the annual report of the U. S. geological survey. Washington 1882.

[5]) Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1880. S. 403.

[6]) Vergleiche meine Bemerkungen über das Nebengestein der Gänge von Schemnitz. Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1880. S. 329.

phyrs ergab so reiche Metallgehalte, dass der Gesammtinhalt der anstehend sichtbaren Masse desselben an solchen von *Emmons* auf 250 Mill. Unzen Silber, 9 Mill. Tonnen Bleiglanz und 100 Mill. Tonnen Brauneisenstein veranschlagt wird. Die Kalksteine und die übrigen Sedimentärgesteine enthielten keine schweren und edlen Metalle, obwohl die Erzlagerstätten zuweilen in sie hineinreichen. Auch hier stellt sich also in eklatanter Art die Richtigkeit eines Satzes heraus, welchen ich s. Z. *Stelzner* gegenüber betonte, dass nämlich ein bedeutender Erzgehalt von Kalksteinen in den meisten Fällen aus Eruptivgesteinen infiltrirt ist[1]), welche sie bedecken, umhüllen oder durchbrechen.

Die hier aus Nordamerika berichteten Thatsachen haben aber bei mir noch einen anderen Gedanken wachgerufen, welchen ich gegenwärtig noch nicht vollständig ausführen, sondern nur andeuten will. Sind in einem zersetzten Nebengesteine von Erzlagerstätten schwere und edle Metalle als sog. Imprägnation, d. h. in grösserer Menge concentrirt gefunden worden, wie z. B. in der Nachbarschaft von Zinnerzgängen in Sachsen, Cornwall oder in solchen von Silbergängen, wie bei Wittichen, so hat man sie von jeher benutzt. Es kann aber auch der Fall eintreten, dass Primitiv-Silicate mit einem beträchtlicheren Gehalte an schweren und edlen Metallen entdeckt werden als 1 %, welcher ihnen nach meinen bisherigen Erfahrungen im Maximum zukommt, und dass solche in einem Gesteine vorherrschend auftreten. Dann wird wohl die weit vorgeschrittene chemische und hüttenmännische Technik auch die Mittel finden, solche auszubeuten. Sie würde dann ihren Erfolg ganz allein der Anregung zu verdanken haben welche durch meine Untersuchungen über die Quelle der edlen Metalle gegeben wurde. Ich glaube jetzt schon an eine solche Möglichkeit, an eine grosse nationalöconomische Tragweite der betreffenden Forschungen, die ja auch bereits in dem Schlusssatz meiner Replik an *Stelzner* von 1880[1]) betont ist und auch die volle Zustimmung *C. Vogt*'s u. A. gefunden hat.

Weitere Mittheilungen über diesen Gegenstand, für welche bereits ein sehr grosses Material vorliegt, behalte ich dem II. Hefte der „Untersuchungen über Erzgänge" vor, welches nach Neujahr 1884 erscheinen soll.

Würzburg, den 7. Juli 1883.

---

[1]) Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1880. S. 339.

[1]) Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1880. S. 405.

Ueber die Hyaline

VON

C. Fr. W. KRUKENBERG.

(Aus der chemisch-physiologischen Abtheilung des physiologischen Institutes der Universität Würzburg).

Als Hyaline bezeichne ich die, besonders aus den Gerüstsubstanzen von Wirbellosen, nicht aber aus denen der Wirbellosen allein, durch Behandlung mit verdünnter kalter Natron- oder Kalilauge aus **veritabelen Eiweisssubstanzen** unter Abgabe sämmtlichen Schwefels und meist auch unter theilweisem Verluste an Kohlenstoff entstandenen stickstoffhaltigen Körper, welche durch Säureeinwirkung mehr oder minder leicht in Glykose oder Glykosederivate umgewandelt werden, und von denen deshalb anzunehmen ist, dass sie ein oder mehrere Kohlehydratreste in organischer Verbindung enthalten. Stoffe dieser Art sind das Onuphin *Schmiedeberg*'s[1]) und der von *de Luca*[2]) für Cellulose gehaltene Körper in der Schlangenhaut; vielleicht wird denselben auch das Achrooglykogen *Landwehr*'s[3]) und manches Andere noch einzureihen sein. Als Uebergangsproducte von Eiweissstoffen

[1]) *Schmiedeberg, O.* Ueber die chemische Znsammensetznng der Wohnröhren von Onuphis tubicola. Mitth. a. d. zoolog. Station zn Neapel. Bd. III. 1882. S. 373—392.

[2]) *de Luca, S.* Snr la transformation en sucre de la peau des serpents. Compt. rend. T. 57. 1863. p. 437—440. Vergleiche dazu: *Krukenberg*, Vergl. physiologische Studien. II. Reihe. II. Abth. 1882. S. 92.

[3]) *Landwehr, H. A.* Unters. über das Mucin von Helix pomatia nnd ein nenes Kohlehydrat (Achrooglykogen) in der Weinbergsschnecke. Zeitschrift f. physiologische Chemie. Bd. IV. 1882. S. 74—77.

zu Hyalinen haben das von *Lücke*[1]) untersuchte Hyalin *Hoppe-Seyler*'s[2]), welches die Hüllen der Echinococcen ausmacht, und das Spirographin[3]) besondere Namen empfangen.

Im Gegensatz zu *Lücke*, welcher ausdrücklich hervorhebt, dass der organische Bestandtheil der Mutterblasen der Echinococcen, wie *Frerichs* schon vor ihm richtig gezeigt habe, keine den Proteïnkörpern verwandte Substanz sei, sondern die meiste Aehnlichkeit mit dem Chitin besitze, constatirte ich, dass das Spirographin stickstoff- wie schwefelhaltig ist, beim Schmelzen mit Kali reichlich Indol entwickelt und auch die Eiweissreactionen, wennschon in unvollkommenem Maasse, gibt; ich hob dabei zugleich hervor, dass dasselbe beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure Glykose oder einen der Glykose verwandten Körper liefert, dass dieser sich schon bei längerem Kochen des Spirographins mit Wasser bildet. Diastase erwies sich dagegen unfähig, diese Transformation herbeizuführen.

Es lag mir damals ferner, die Gründe ausführlicher zu erörtern, welche mich bestimmten, die Auffassung von der physiologischen Einheit des Spirographins[4]) und von seiner chemischen insofern, als dasselbe kein einfaches Gemenge von einem Albuminoïd und einem Kohlehydratderivate ist, als die richtige aufzustellen. War es doch damals meine Aufgabe gewesen, dem wirren Treiben entgegenzuwirken, welches, wie es gerade einfiel, hier das Skelet aus Keratin oder Chitin, dort aus Glutin oder Albuminaten bestehen liess; denn ohne dass in dieser Richtung erfolgreiche Schritte gethan waren, liess sich an die vergleichend physiologische Verwerthung irgend einer intensiveren Arbeit doch wohl gar nicht denken! Kürzlich hat nun aber *Schmiedeberg* auf Grund seiner Untersuchungen der Wohnröhren von Onuphis tubicola die Ansicht geäussert, die von mir als Spirographin bezeichnete Substanz möchte sich aus einem albuminoïden und einem onuphin-

---

[1]) *Lücke, A.* Die Hüllen der Echinococcen und die Echinococcenflüssigkeit Arch. f. pathol. Anat. Bd. XIX. 1860. S. 189—196.

[2]) *Hoppe-Seyler, F.* Handbuch d. physiol.- u. pathol.-chemischen Analyse. 4. Aufl. Berlin 1875. S. 198.

[3]) *Krukenberg*, Zur Kenntniss der organischen Bestandtheile der thierischen Gerüstsubstanzen. Vergl. physiol. Studien. I. Reihe. V. Abth. 1881. S. 28—30 und II. Reihe. I. Abth. 1881. S. 57—58.

[4]) Cf. das in meinen Vgl. physiol. Studien. II. Reihe. I. Abth. auf S. 59 Gesagte.

ähnlichen Körper zusammensetzen. Dieser Interpretation meiner Befunde vermag ich mich jedoch keineswegs anzuschliessen.

Durch die Eingriffe mit Enzymen, mit Wasser oder verdünnten Säuren in der Kälte erfährt man über das Spirographin immer nur, dass es wie jede andere Stütz- oder Schutzsubstanz aus mehr oder weniger widerstandsfähigen oder, was damit in diesem Falle gleichbedeutend ist, aus älteren und jüngeren Theilen besteht. Behandelt man dasselbe dagegen mit siedendem Wasser oder mit verdünnten Alkalien, so erleidet es rasch Veränderungen, welche, je nachdem man die gekochte oder ungekochte Substanz mit kalter resp. warmer Lauge behandelt, je nachdem man den Auflösungsvorgang mechanisch beschleunigt oder langsam von Statten laufen lässt, zu einem oder zu mehreren, chemisch besser als die ursprüngliche Substanz charakterisirbaren Spaltungsprodukten führen. Dass es sich aber in allen diesen Fällen thatsächlich nur um Zersetzungsprodukte des Spirographins, nicht etwa um Stoffe handelt, welche sich in den Spirographisscheiden präformirt finden, lehren, ganz abgesehen davon, dass das Wasserabsorptionsvermögen der lediglich mit Wasser gekochten Röhren weit bedeutender als das der rohen ist, folgende Versuchsresultate zur Genüge.

I. a) Ueberführung des Spirographins durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure in Glykose:

1) 0.633 gr. aschefreier Substanz, entsprechend 0.725 gr. bei 110° C. stundenlang getrockneter, mechanisch wie durch Wasser und verdünnte Salzsäure kalt gereinigter Spirographisscheiden von 12.66% Aschegehalt, lieferten mit 60 Cbc. verdünnter Schwefelsäure (1 : 6) 6 Stunden lang gekocht, alsdann mit CO_3Ba neutralisirt, der Barytniederschlag mit Wasser wiederholt ausgekocht und die vereinigten Filtrate auf dem Wasserbade eingedampft 100 Cbc. Flüssigkeit, von welchen 15 Cbc. erforderlich waren, um 0.575 Cbc. der *Fehling*'schen Lösung zu desoxydiren. Die 0.633 gr. aschefreien Spirographins ergaben demnach 0.0192 gr. reducirende Substanz = 3.03% Traubenzucker.

2) 0.491 gr. desselben Präparates (nach Abzug der Asche), genau in der nämlichen Art behandelt, gaben 100 Cbc. Neutralisationsfiltrat, von welchen sich 15 Cbc. zur Desoxydation von 0.375 Cbc. *Fehling*'scher Lösung als aus-

reichend erwiesen. Die 0.491 gr. Spirographin lieferten hiernach 0.01317 gr. Traubenzucker = 2.68%.

I. b) Ueberführung des Spirographidins (identisch mit dem vermeintlichen onuphinähnlichen Bestandtheile der Spirographisröhren nach *Schmiedeberg*) in Traubenzucker unter den gleichen Verhältnissen.

0.726 gr., entsprechend 0.977 gr. nach Abzug von 0.251 gr. Asche, eines an anorganischen Substanzen ausnehmend reichen Präparates, welches bis zu eingetretener Gewichtsconstanz zuvor bei 105—110° C. getrocknet war, lieferten 100 Cbc. einer Zuckerlösung, von welcher 48 Cbc. 20 Cbc. frisch bereiteter *Knapp*'scher Lösung[1]), und von welcher 44 Cbc. 10 Cbc. der *Fehling*'schen Kupfersalzlösung reducirten. Aus der Bestimmung nach der *Knapp*'schen Methode berechnet sich die aus den 0.726 gr. aschefreier Substanz gebildete Zuckermenge auf 0.104 gr. = 14.33%, nach der *Fehling*'schen Methode auf 0.114 gr. = 15.7%.

Bei diesen Zersetzungsversuchen war ich vor allem darauf bedacht, durchgängig die gleichen Bedingungen (im Verhältniss der Säuremenge und in ihrer Concentration, wie in der Dauer und Gleichartigkeit der Erwärmung) obwalten zu lassen; denn dass ein variabler Schwefelsäuregehalt, eine verschiedene Behandlung der Hyaline vor dem Kochen mit der Säure und die Dauer der Säureeinwirkung auf die resultirende Zuckermenge von Einfluss sind, brauche ich nicht noch für das Spirographin durch Versuchsreihen speciell zu beweisen. Schon die zwischen 20 und 50% schwankenden Werthe, zu welchen *Lücke* in dieser Weise für das Hyalin der Echinococcusblasen gelangte, und deren Ursache ihm nicht unbekannt bleiben konnte, wären gewiss an sich geeignet gewesen, eine richtige Vorstellung von dem labilen chemischen Aufbau der Hyaline zu erwecken. Der nach *Schmiedeberg*'s Verfahren aus dem Spirographin dargestellte onuphinähn-

[1]) Da ich in den physiologisch-chemischen Handbüchern, speciell in denen, welche ausschliesslich die Harnanalyse behandeln, über den Gebrauch der *Knapp*'schen Lösung keine näheren Angaben finde, so muss ich bemerken, dass mit dieser nur dann richtige Resultate zu erzielen sind, wenn die Lösung frisch angefertigt wurde, und zur Indication starkes Schwefelammonium benutzt wird. — Wegen einer zu beträchtlichen Braunfärbung der Flüssigkeit liess sich bei diesen Versuchen die quantitative Zuckerbestimmung mittelst Polarisation nicht in Anwendung bringen, wohl aber auf diesem Wege das dextrogyre Verhalten des gebildeten Zuckerstoffes darthun.

liche Körper, das Spirographidin, aus welchem sich, wie die unten mitgetheilten Elementaranalysen lehren, *Schmiedeberg*'s Ansicht zu Folge die Spirographisscheiden fast ausschliesslich zusammensetzen müssten, liefert, das zeigen meine Versuche, durch Schwefelsäure in ganz der nämlichen Weise wie das Spirographin zersetzt, mindestens das Fünffache von derjenigen Zuckermenge, welche aus diesem direkt zu gewinnen ist, und ich brauche wohl kaum weitläufiger auszuführen, dass dieses eine Unmöglichkeit sein würde, wenn *Schmiedeberg*'s Auffassung keine irrthümliche wäre.

II.) Vollständige Umwandlung des Spirographins in Spirographidin ohne Hinterlassung oder Bildung eines albuminoïdartigen Körpers.

Behandelt man fernerhin die mechanisch, durch Wasser und achtprocentige Salzsäure kalt gereinigten und fein zerschnittenen Spirographisröhren mit kalter verdünnter Natronlauge, so bringt man es unter Umständen, die zwar erst noch näher zu erforschen sein werden, dahin, dass weder etwas von der organischen Substanz der Gehäuse ungelöst zurückbleibt, noch dass sich auch nur Spuren eines Körpers bilden, welchen *Schmiedeberg* gleich dem einen vermeintlichen Spirographincomponenten als Albuminoïd bezeichnet, und durch welchen er das in Kalilauge gelöste Spirographidin verunreinigt sein lässt. Um einerseits eine vollständige Zersetzung des Spirographins, anderseits seine vollkommene Umwandlung in die onuphinähnliche Substanz zu ermöglichen, kommt es mehr auf eine mechanische Beschleunigung des Auflösungsprocesses (theils indem die Röhrenstücke möglichst klein genommen werden, theils indem man dieselben mit der Lauge rasch zerreibt) als auf eine längere Einwirkungsdauer des Alkalis an. Es gelang mir so, binnen 30 Minuten die vollständige Umwandlung des Spirographins in Spirographidin zu bewirken.

Nachdem die Versuchsergebnisse Mittheilung gefunden haben, aus welchen mit Evidenz hervorgehen dürfte, dass das Spirographin kein Gemenge zweier leicht von einander zu trennender, chemisch scharf unterscheidbarer Dinge ist, lasse ich die Besprechung der Analysen folgen, welche einigen weitern Aufschluss über die chemische Zusammensetzung der Spirographisröhren bieten werden.

I. Das Spirographin.

Das Quellungsvermögen der Spirographisscheiden in destillirtem Wasser ist ein ausserordentlich grosses. Wie schon angedeutet wurde, steigert sich dasselbe noch erheblich mit zunehmender Temperatur.

I.) 2.7 gr. sorgfältig gereinigter und an der Luft getrockneter Röhrenstücke, welche einer bis zur Gewichtsconstanz bei 110° C. erwärmten Substanzmenge von 1.6 gr. entsprechen, imbibirten sich bei 20° C. in 24 Stunden mit 6 gr. Wasser, während eine gleiche Gewichtsmenge zuvor gekochter Stücke in derselben Zeit 14 gr. Wasser aufnahm.

Auf den Aschegehalt der Trockensubstanz übt eine vorherige Behandlung der Röhren mit kaltem oder warmem Wasser keinen nennenswerthen Einfluss aus.

II.) 7.5 gr. in Wasser von 65° C. gequollener, zuvor mechanisch gereinigter Röhrenstücke hinterliessen über Chlorcalcium und conc. Schwefelsäure mehrere Tage lang entwässert 1.7756 gr. Der Verlust betrug demnach 76.33% Wasser. 1.6164 gr. der Trockensubstanz wurden fein pulverisirt und weiterhin bei 110° C. getrocknet. Das Gewicht reducirte sich auf 1.3641 gr. Verlust: 0.2523 gr. = 15.61% Wasser.

III.) 0.3578 gr. nur kalt mit Wasser behandelter und bei 110° C. getrockneter reiner Röhren gaben nach dem Glühen 0.0452 gr. Asche = 12.66%.

IV.) 0.3215 gr. derselben, gleichfalls bei 110° C. anhaltend getrockneten Substanz hinterliessen 0.0418 gr. Asche = 13.00%.

V.) 0.4935 gr. fein pulverisirter Hüllen, welche zuvor kurze Zeit mit siedendem Wasser, kalter verdünnter Salzsäure und durch eine zweitägige Einwirkung von äusserst wirksamer Pepsinsalzsäure gereinigt und über Schwefelsäure getrocknet waren, verloren bei einer achtstündigen Erwärmung von 105—110° C. 0.035 gr. Wasser = 6.89%. Diese lieferten nach dem Glühen 0.053 gr. Asche = 11.56%.

Der Aschengehalt der wasserfreien Spirographishüllen stellt sich somit weit niedriger als der der analogen Gebilde von

Onuphis tubicola, bei welchen derselbe nach *Schmiedeberg* im Mittel 44.95% beträgt. Ich erinnere zugleich daran, dass die Röhren von Protula intestinum nach früheren Untersuchungen von mir[1]) nur Spuren organischer Substanz enthalten und vorwiegend aus anorganischen Stoffen resp. Carbonaten bestehen.

Die für das Spirographin erhaltenen elementaranalytischen Werthe[2]) weichen, wie es nach dem Gesagten auch nicht anders sein kann, besonders in dem Kohlen- und Wasserstoffgehalt erheblich von einander ab, wenn die einzelnen Substanzproben zuvor bei verschiedenen Temperaturen und verschieden lange mit Wasser behandelt wurden. Von Spirographishüllen, welche mit Wasser und 8%iger Salzsäure längere Zeit kalt ausgewaschen, darauf möglichst fein zerkleinert, 36 Stunden der Einwirkung von Pepsinsalzsäure bei 40° C. ausgesetzt und schliesslich pulverisirt, bei 110° C. bis zu eingetretener Gewichtsconstanz getrocknet waren, konnte aus Mangel an Material nur eine vollständige Elementaranalyse ausgeführt werden, welche zu folgenden Zahlen führte:

I.) 0.3063 gr. (= 0.3463 gr. nach Abzug von 0.0400 gr. Asche) lieferten 0.5182 gr. Kohlensäure = 0.1413 gr. Kohlenstoff = 46.12% C und 0.2510 Wasser = 0.0279 gr. Wasserstoff = 9.11% H.

II.) 0.2188 gr. (= 0.2510 gr. nach Abzug von 0.0322 gr. Asche) gaben 17.5 Cbc. Stickstoff bei 744 Mm. Barometerstand und 17° C. = 9.08% N.[3])

[1]) Vergl. physiolog. Studien. I. Reihe. II. Abth. S. 82 u. V. Abth. S. 28 Anm. 1.

[2]) Bei der Ausführung der Elementaranalysen leistete mir Herr Dr. *Henry Wagner* aus San Francisco willkommene Hülfe.

[3]) Da durch *Bütschli*'s Untersuchungen (*Du Bois-Reymond*'s Archiv f. Anatomie. 1874. S. 364) festgestellt ist, dass die *Varrentrapp-Will*'sche Methode für das Chitin etwa 1% N zu wenig anzeigt, so liess sich von vornherein erwarten, dass sowohl von *Lücke* für das Hyalin wie auch von *Schmiedeberg* für die Onnphinverbindung zu wenig N gefunden war. Denn beide Forscher hatten sich darauf beschränkt, den N nach der genannten Methode zu bestimmen. Ich habe deshalb den N-gehalt von Echinococcusblasen, welche mit Alkohol, Wasser und verdünnter Salzsäure kalt gereinigt, darauf fein pulverisirt bei 110° C. anhaltend getrocknet waren, nach dem *Schwarz*'schen Verfahren volumetrisch bestimmt.

Als Aschegehalt der so präparirten Blasen wurde gefunden 0.82 und 0.87%; im Mittel 0.845%.

4 Schwefelbestimmungen von demselben Präparate ergaben folgende Werthe:

III.) 0.5813 gr. (= 0.6573 gr. nach Abzug von 0.0760 gr. Asche) lieferten 0.3131 gr. CO_2-freies SO_4 Ba = 0.0429 gr. Schwefel = 7.38% S.

IV.) 0.7265 gr. (= 0.8215 gr. nach Abzug von 0.0950 gr. Asche) gaben 0.3811 gr. CO_2-freies SO_4 Ba = 0.05234 gr. Schwefel = 7.24% S.

V.) 0.2135 gr. (= 0.2414 gr. nach Abzug von 0.0279 gr. Asche) lieferten 0.1100 gr. CO_2-freies SO_4 Ba = 0.0151 gr. Schwefel = 7.08% S.

VI.) 0.10595 gr. (= 0.1198 gr. nach Abzug von 0.01385 gr. Asche) lieferten 0.0606 gr. reines SO_4 Ba = 0.0083 gr. Schwefel = 7.85% S.

Die Asche besteht zum überwiegenden Theile aus Mg-, Ca- und Na-Salzen; sie enthält mehr oder weniger Eisen, welches die stellenweise Rothfärbung der Röhren bedingt. Ausserdem fand sich darin viel Phosphorsäure und Schwefelsäure, nur Spuren von Chlor und Kieselsäure. Auf Säurezusatz entwickelt die Asche reichlich Schwefelwasserstoff und wechselnde, aber nur geringe Mengen von Kohlensäure.

II. Das Spirographidin.

Durch Behandlung mit 8%iger Salzsäure erfahren die Spirographishüllen keine tiefgreifendere Zersetzung; sie nehmen in der Säure einen weissen atlasartigen Glanz an, quellen nach der Säurebehandlung in Wasser aber kaum stärker auf als vor derselben. Schon beim Trocknen auf dem Wasserbade jedoch blättern an den mit Wasser durchtränkten Röhren die einzelnen Schichten von einander und verwandeln sich theilweise in eine schleimige Masse: dabei entsteht Zucker und geringe Mengen einer schwefelfreien, vielleicht einer dextrinoïden Substanz, welche keine Eiweissreactionen mehr gibt[1]) und durch wiederholtes Auf-

0.3025 gr. (= 0.3051 gr. nach Abzug von 0.0026 gr. Asche) gaben 18.5 Cbc. Stickstoff bei 750 Mm. Barometerstand und 14° C. = 7.09% N.

Es kann hiernach nicht mehr fraglich sein, dass der N-gehalt für die Echinococcushlasen von *Lücke* zu niedrig gefunden wurde, und dasselbe wird voraussichtlich auch für *Schmiedeberg*'s Analyse der Ouophiuverbindung zu gelten haben.

[1]) Die wässrige Lösung des Spirographidins reagirt völlig neutral, wird nicht gefällt durch Metaphosphorsäure, Essigsäure + wenig Ferrocyankalium, Quecksilberchlorid, Kupfersulfat oder Gerbsäure, nur schwach getrübt durch sal-

lösen in Wasser und Fällen der concentrirten wässrigen Lösung durch Alkohol reiner zu erhalten ist. Ein stickstoffreicher, aber ebenfalls schwefelfreier Körper, das Spirographidin, wird in grösserer Menge gewonnen, wenn man die mit Salzsäure behandelten Röhrenstücke in verdünnter kalter Natronlauge löst, die Flüssigkeit durch irgend eine Säure neutralisirt, einen eventuell entstandenen und bleibenden Niederschlag abfiltrirt und alsdann aus dem Neutralisationsfiltrate das Spirographidin durch Alkohol niederschlägt. Beim Neutralisiren erfolgt eine lebhafte Schwefelwasserstoff- und Kohlensäureentwicklung.

Mit Alkohol kalt gefällt, lässt sich das Spirographidin sowohl durch Filtration wie durch Decantiren schlecht reinigen; leicht gelingt seine Abscheidung, wenn man nach dem Alkoholzusatze die Flüssigkeit auf dem Wasserbade erwärmt; alsdann scheidet sich das Spirographidin in zusammenhängenden Flocken aus, die auf einem Filter gut zu sammeln und mit verdünntem Alkohol leicht auszuwaschen sind. Oft ballen sich die Flocken selbst zu einer zähen käseartigen Masse zusammen, welche sich durch ein Mulltuch abseihen und auspressen lässt. Durch einen geeigneten Alkoholzusatz gelingt es so auffallend leicht, den Körper unvermengt mit dem Natronsalze abzuscheiden, was z. B., da derselbe nicht wenig diffusabel ist, auf dialytischem Wege nur unter bedeutendem Substanzverluste zu ermöglichen wäre.

Das Spirographidin hinterlässt durchgängig mehr Asche als seine Muttersubstanz, das Spirographin. Für 6 Proben verschiedener Bereitungen schwankte der Aschegehalt der bei 110° C. getrockneten Substanz zwischen folgenden Procentzahlen:

17.4, 18.4, 19.13, 20.18, 22.12 und 23.00.

Die Asche ist weit reicher an Natron als an Magnesia, von welchem sie bisweilen nur Spuren enthält; ihr Phosphorsäuregehalt ist ein bedeutender, auch wenn die alkalische Flüssigkeit durch Essigsäure oder Salzsäure neutralisirt wurde. Säuren entwickeln Kohlensäure, deren Gewicht 1% der Trockensubstanz

---

petersaures Silber; sie röthet sich weder nach dem Kochen mit dem *Millon*'schen Reagens oder mit concentrirter roher Salzsäure, noch nimmt sie mit Kupfersulfat und Natronlauge gekocht, eine violette Färbung an oder wirkt reducirend auf das Kupfersalz Pepsin, Trypsin und Diastase greifen das Spirographidin nicht an, aber schon beim Aufkochen mit verdünnten Säuren liefert es Glykose. Mit Jod nimmt das Spirographidin keine charakteristische Färbung an.

erreichen kann, und welche, durch eine genau gewogene Menge Salzsäure aus der Asche abgeschieden, bei den Kohlenstoffbestimmungen von mir jedesmal in Anrechnung gebracht wurde. Schwefelsäure fehlte in der Asche vollständig, und auf Säurezusatz entwickelte sich auch kein Schwefelwasserstoff.

Der Zersetzungspunct des Spirographidins ändert sich mit dem Gehalte der Verbindung an anorganischen Stoffen. Ein Präparat mit 17.4% Aschegehalt begann sich bei 209° C. zu bräunen und zersetzte sich vollständiger bei 217° C; bei einem anderen mit etwa 20% Asche begann die Zersetzung erst bei 216° C. und eine gleichmässige Verkohlung erfolgte bei 235° C.

I.) 0.7615 gr., durch tagelanges Stehen über Chlorcalcium entwässerter Substanz verloren beim Trocknen auf 100 — 110° C. im Luftbade noch 0.0145 gr. Wasser = 1.904%.

II.) 0.3586 gr. (= 0.4395 gr. nach Abzug von 0.0809 gr. Asche) des, wie bei allen folgenden Analysen, bei 110° C. bis zu eingetretener Gewichtsconstanz getrockneten Spirographidins gaben 0.5494 gr. Kohlensäure = 41.78% C und 0.232 gr. Wasser = 7.16% H.

III.) 0.1798 gr. (= 0.2190 gr. nach Abzug von 0.0392 gr. Asche) lieferten 0.2743 gr. Kohlensäure = 41.60% C und 0.1127 gr. Wasser = 6.94% H.

IV.) 0.2081 gr. (= 0.2535 gr. nach Abzug von 0.0454 gr. Asche) gaben 19.0 Cbc. Stickstoff bei 741 Mm. Barometerstand und 16.5° C. = 12.22% N.

V.) 0.2054 gr. (= 0.2349 gr. nach Abzug von 0.0295 gr. Asche) eines durch Spirographeïn verunreinigten Präparates gaben 22.4 Cbc. Stickstoff bei 755 Mm. Barometerstand und 22° C. = 12.27% N.[1])

Hiernach erhält das Spirographidin die Formel: $C_{35} H_{70} N_9 O_{25}$.

	Gefunden:		Berechnet:
C_{35}	= 41.78	41.60	41.33
H_{70}	= 7.16	6.94	6.89
N_9	= 12.22	(12.27)	12.40
O_{25}	= (38.84)		39.38

[1]) Weil der Stickstoffgehalt des Spirographidins mit dem des Spirographeïns ziemlich genau übereinstimmt, wird diese Analyse für beide Substanzen als Controlbestimmung benutzt werden können.

III. Die Metallverbindungen des Spirographidins.

Mit Salzen mehrerer Schwermetalle wie mit Chlorbaryum geben Spirographidinlösungen Niederschläge, die sich auch in schwach sauren Flüssigkeiten nicht sofort wieder lösen. So entsteht durch Chromchlorid wie durch Zinnchlorid eine weisse, durch Eisenchlorid eine rothbraune Verbindung, während die Fällungen, welche eine Spirographidinlösung durch Chlorcalcium, Alaun oder Zinkchlorid erfährt, zu unvollständige sind, als dass von diesen Verbindungen leichter grössere Quantitäten zu gewinnen wären. Die Baryum- und Chromniederschläge sind die compactesten; sie senken sich rasch und vollständig zu Boden und lassen sich mit Wasser leicht auswaschen. Die Eisen- wie die Zinnverbindung, welche von mir allein in grösserer Menge dargestellt wurden, setzen sich dagegen meist schlecht ab und lösen sich bei längerer Berührung mit Wasser auch leicht wieder auf; erstere erwies sich selbst in verhältnissmässig stark salzsaurer Lösung als beständiger. Mit Leichtigkeit gelingt es jedoch die Präparate durch Auswaschen mit verdünntem Alkohol, der Zinnchlorid wie Eisenchlorid aufnimmt, von einem etwaigen Ueberschusse des Fällungsmittels zu reinigen.

Die Analyse stösst sowohl bei der Eisen- wie bei der Zinnverbindung auf grosse Schwierigkeiten. Nicht nur deshalb, weil bei beiden Präparate verschiedener, aber in möglichst gleicher Weise ausgeführter Bereitungen wechselnde Mengen von Wasser verlieren, die Zinnverbindung sich oft schon beim Trocknen über Chlorcalcium, wie eine erfolgende Röthung anzeigt, tiefgreifender zersetzt, die Eisenverbindung sich dagegen mit den Mitteln, über welche ich verfügte, gar nicht vollkommen veraschen lässt, sondern besonders auch deshalb, weil das Natron und auch Spuren von Magnesia, welche das nach unserer Darstellungsmethode gewonnene Spirographidin ständig enthält, durch die Schwermetalle nicht vollständig deplacirt werden. Nach *Schmiedeberg*'s Angaben scheinen beim Onuphin in dieser Beziehung weit günstigere Verhältnisse obzuwalten.

Meine Präparate waren sämmtlich in der Weise gewonnen, dass zu der wässrigen Lösung eines vollkommen schwefelfreien Spirographidins solange von der Metallsalzlösung (speciell von Eisenchlorid resp. Zinnchlorid) hinzugefügt wurde, bis die Fällung sich nicht mehr verstärkte, und ein geringer Ueberschuss

der Zusatzflüssigkeit in der überstehenden klaren Flüssigkeit nachweisbar blieb. Das Auswaschen der Niederschläge mit Alkohol wurde solange fortgesetzt, bis das Filtrat durch Rhodankalium nicht mehr geröthet wurde, resp. nach dem Ansäuern, Erwärmen und Sättigen mit Schwefelwasserstoff bei tagelanger Aufbewahrung kein gelbes Schwefelzinn absetzte.

Von der Mittheilung meiner Wasserbestimmungen, die überdies wenig Zuverlässiges bieten könnten, werde ich, da die erhaltenen Werthe zu schwankende waren, ganz Abstand nehmen, und bemerke nur noch, dass die Analysen der Eisenverbindung sich auf Präparate beziehen, welche anhaltend bei 110—120° C., in Betreff der Zinnverbindung auf die rein weisse Substanz, welche über Chlorcalcium bis zu eingetretener Gewichtsconstanz, und ohne dass auch nur ein röthlicher Anflug an ihr bemerkbar wurde, getrocknet war.

A.) Eisenverbindung des Spirographidins. Rothbraune harte Masse.

I.) 0.3530 gr. liessen 0.2156 gr. = 61.06% unverasch-baren Rückstand, welcher mit Soda und Salpeter aufgeschlossen, durch Schwefelammonium als Eisensulfür gefällt, als solches in Eisenoxydhydrat übergeführt und schliesslich als $Fe_2 O_3$ gewogen wurde. Es wurden erhalten 0.1864 gr. (= 52.52%) Eisenoxyd entsprechend 36.94% Fe.

II.) 0.5104 gr. desselben Präparates gaben 0.3148 gr. = 61.68% unverasch-baren Rückstand; also ziemlich den gleichen Procentsatz wie bei dem vorhergehenden Versuche. Weiterhin wie I behandelt, wurden gefunden 0.2730 gr. (= 53.45%) Eisenoxyd = 37.44% Fe.

B.) Zinnverbindung des Spirographidins. Weisse thonerdeartige Masse, welche ohne zu schmelzen oder zu sublimiren bereits bei einer Erwärmung auf 120° C. sich bräunt und gegen 125° C. stärker verkohlt.

I.) 0.5535 gr. lieferten nach dem Glühen 0.4310 gr. Asche = 77.8%; diese gab mit Kali aufgeschlossen, in Salzsäure gelöst, durch SH_2 gefällt 0.4162 gr. Zinnsulfid, entsprechend 0.2705 gr. Sn = 48.87%.

Bei einer zweiten Zinnbestimmung desselben Präparates, bei welcher ein nachweisbarer Substanzverlust stattfand, wurden 75.3% Asche und in dieser 45% Sn gefunden.

II.) 0.4213 gr. gaben 0.1064 gr. CO_2, = 6.89 % C und 0.0769 gr. Wasser = 2.03 % H.

III.) 0.7024 gr. gaben 0.1900 gr. CO_2 = 7.37 % C und 0.1466 gr. Wasser = 2.32 % H.

VI.) 0.2804 gr. lieferten 2.9 Cbc. Stickstoff bei 749.5 Mm. Barometerstand und 15° C. = 1.19 % N.

V.) 0.822 gr. lieferten 8.4 Cbc. Stickstoff bei 755 Mm. Barometerstand und 22° C. = 1.145 % N.

Die elementare Zusammensetzung der Zinnverbindung, in Procenten ausgedrückt, würde demnach die folgende sein.

						Mittelwerth:
C =	6.89	7 37	—	—	—	7.13
H =	2.03	2.32	—	—	—	2.15
N =	—	—	1.19	1.145	—	1.17
Sn =	—	—	—	—	48.87	48.87
Anorganische Verunreinigungen =				—	—	ca. 4.0
O =	—	—	—	—	—	ca. 37.0

Ich will nicht versuchen, auf Grund dieser Befunde eine Formel für die Zinnverbindung des Spirographidins zu construiren, vorzugsweise deshalb nicht, weil ich weiss, dass dieselbe ausser Zinn auch andere anorganische Stoffe (vornehmlich Natron und Magnesia) in erheblicher Menge enthielt. Es ergibt sich aus diesen Bestimmungen aber jedenfalls soviel, dass die Verbindungen äusserst reich an Eisen bezw. an Zinn sind, von diesen Metallen weit mehr enthalten, als die mit Calciumphosphat und Eisenoxydphosphat von *Schmiedeberg* dargestellten Onuphinpräparate. Fernerhin folgt aber aus den Elementaranalysen der Zinnverbindung, dass bei Bildung dieser Substanz das ursprüngliche Spirographidin in Bezug auf seinen Kohlenstoffgehalt weit stickstoffärmer geworden ist, jedoch ohne so stickstoffarm zu werden, wie es von *Schmiedeberg* für das Onuphincalciumphosphat gefunden wurde. Sowohl der schwankende Stickstoffgehalt in alten und jungen Echinococcusblasen *(Lücke)* wie die geringe Menge in diesen Gebilden und im Onuphin *(Schmiedeberg)* gegenüber dem Spirographidin weisen gleichfalls darauf hin, dass ein grosser Theil des Stickstoffs in stickstoffreichen Hyalinen nur schwach gebunden ist und durch geringfügige Eingriffe abgespalten werden kann. Streng genommen liegt also in der sog. Zinnverbindung des Spirographidins ein anderartiges

organisches Radical als in der Substanz vor, welche ich anfangs mit dem Namen Spirographidin belegte.

Von besonderem Interesse musste es sein, die Zusammensetzung des Körpers kennen zu lernen, welcher resultirt, wenn das Zinn aus der Verbindung durch Schwefelwasserstoff entfernt wird; auf diesem Wege gelingt es nämlich, wenigstens einen Theil des organischen Radicales zinnfrei wieder zu gewinnen und aus der concentrirten wässrigen Auskochung des Rückstandes, welcher aus Zinnsulfid und unzersetzt gebliebener Substanz besteht, in derselben Weise durch Alkohol niederzuschlagen, als es oben vom Spirographidin beschrieben ist. Man erhält dabei ein mehr oder minder aschereiches Product; die anorganischen Bestandtheile sind vorzugsweise Natron und Magnesia; der Aschegehalt kann sich bis nahezu 50% steigern. Da das Spirographidin, welches zur Darstellung der Zinnverbindung diente, nicht annähernd so aschereich gefunden wurde, so lässt sich dieser Umstand nur durch die Annahme erklären, dass der sich ausscheidende Körper die durch Schwefelwasserstoff nicht fällbaren Metalle, welche gleichsam nur Verunreinigungen der Zinnverbindung darstellten, mit sich riss, während ein anderer Theil der Zinnverbindung der Schwefelwasserstoffeinwirkung unzugängig blieb oder, ebenfalls entzinnt, ein organisches Spaltungsproduct lieferte, welches sich, wahrscheinlich wegen der Abwesenheit genügender Mengen anorganischer Stoffe, wesentlich anders als das Spirographidin verhält. Für diese Auffassung spricht besonders die geringe Ausbeute; mehrere Gramme der Zinnverbindung lieferten mir nur 0.2—0.3 gr. der zinnfreien spirographidinartigen Substanz.

Der aus der Zinnverbindung restituirte spirographidinähnliche Körper enthält, wie wohl alle Hyaline, Phosphorsäure, und seinen Zersetzungspunct fand ich je nach dem Aschegehalte zwischen 158 und 200° C. schwanken.

Die C- und H-Bestimmung eines sehr aschereichen Präparates führte zu folgenden Ergebnissen:

> 0.0684 gr. (= 0.1452 gr. nach Abzug von 0.0768 gr. = 47.11% Asche) lieferten 0.1063 gr. Kohlensäure = 0.0290 gr. oder 42.69% C und 0.065 gr. Wasser = 0.00722 gr. oder 10.56% H.

Der Kohlenstoffgehalt variirt demnach nicht sehr von dem des Spirographidins, dagegen wurde ein weit höherer Procentsatz

an Wasserstoff gefunden. Die Stickstoffbestimmung verunglückte; der Zusammensetzung der Zinnverbindung entsprechend, dürfte sich der Stickstoffgehalt wohl nur auf 7.00 % belaufen.

Dass hier eine vom Spirographidin in ihrer elementaren Zusammensetzung abweichende Substanz vorliegt, verbürgt allein schon ihr meist ungewöhnlich grosser Aschereichthum.

VI. Das Spirographeïn

Unter der Einwirkung von verdünnter Salzsäure und Natronlauge entsteht aus dem Spirographin neben dem Spirographidin oft noch ein anderer abscheidbarer Körper, welcher nach *Schmiedeberg*'s Ansicht einen eiweissartigen Bestandtheil des Spirographins ausmacht. Wie aus dem bereits Mitgetheilten hervorgeht, und wie die Elementaranalyse dieses Körpers (sein geringer Kohlenstoff- und Schwefelgehalt gegenüber denen des Spirographins) nicht weniger schlagend nachweist, haben wir aber auch in ihm nur ein Zersetzungsproduct des Spirographins zu erblicken.

In mehreren Reactionen bewahrt diese Substanz, welche ich als Spirographeïn bezeichnen will, ihre Zusammengehörigkeit mit den Eiweissstoffen. Sie gibt sowohl die *Millon*'sche wie die Biuret-Reaction und erfährt, ebenso wie das Spirographin, unter der Einwirkung von Pepsinsalzsäure eine theilweise Zersetzung, indem daraus als nachweisbare Spaltungsproducte Hemialbumose und Peptone hervorgehen.

Sind in der Lauge grössere Mengen von Spirographeïn zugegen, so entsteht beim Neutralisiren ein beträchtlicher Niederschlag, der leicht abfiltrirt und durch Kochen mit Wasser von dem beigemengten Spirographidin grösstentheils befreit werden kann; vollständig lässt sich so das Spirographidin aus demselben nicht entfernen, vielleicht aber nur deshalb, weil das Spirographeïn beim Kochen mit Wasser allmälig in jenes oder in einen verwandten Körper übergeht. Anderseits gelingt es auch nur unter grossem Substanzverluste, aus dem Neutralisationsfiltrate ein spirographeïnfreies Spirographidin zu erhalten, wenn erstere Substanz sich bei dem Zersetzungsvorgange in reichlicherem Maasse bildete.

Es liegt mir selbstverständlich fern zu glauben, dass unter der Einwirkung der Natronlauge nur Ein neuer albuminoïder

Stoff als Zersetzungsproduct des Spirographins auftritt; zweifellos wird das Spirographin ganz successive weiter gespalten, und auch der von mir als Spirographidin bekannt gegebene Körper ist, wie sich durch die Untersuchung der Zinnverbindung herausstellte, noch nicht das Endglied in jener vermuthlich sehr umfangreichen Reihe von Substanzen, welche aus dem Spirographin hervorgehen und als Hyaline zusammengefasst wurden. Ueberall handelt es sich hier um mehr oder minder intact gebliebene Reste des ursprünglichen Spirographins oder um mehr oder weniger beständige Spaltungsproducte, welche, unter dem Einflusse des fixen Alkalis aus jenem entstanden, ebenso zersetzbar wie es selber sind.

Das Spirographeïn ist ein frühes, vielleicht aber kein ständiges Zersetzungsproduct[1]) des Spirographins, und sein Studium ist gerade desshalb für mich von Belang geworden, weil sich dabei herausstellte, dass dasselbe in seinem Asche-, Schwefel- und Kohlenstoffgehalte sehr erheblich vom Spirographin wie vom Spirographidin abweicht.

Zur Elementaranalyse diente mir ein Präparat, welches als Neutralisationsniederschlag erhalten und solange mit Wasser ausgekocht war, bis die gallertartige Beschaffenheit der Masse jede weitere Reinigung auf diesem Wege unmöglich machte. Die auf Glasplatten in einem abgeschlossenen Raume über Chlorcalcium getrocknete Substanz wurde fein pulverisirt und in diesem Zustande erst über Chlorcalcium, schliesslich über concentrirter Schwefelsäure tagelang aufbewahrt. In der nämlichen Weise wurden die Präparate vorbereitet, mit welchen die Wasserbestimmungen ausgeführt wurden.

I.) 0.651 gr. der Substanz verloren bei 100—120° C. 0.0355 gr. an Gewicht = 5.45 % Wasser.

0.6045 gr. desselben Präparates hinterliessen 0.0115 gr. Asche = 1.902 %.

II.) 0.7743 gr. eines anderen Präparates verloren bei 100—120° C. 0.0533 gr. an Gewicht = 6.88 % Wasser.

0.7187 gr. desselben Präparates lieferten 0.0102 gr. Asche = 1.418 %.

) Ich habe zu wiederholten Malen vergebens versucht, Dasselbe zu erhalten.

III.) 1.0692 gr. des zur Elementaranalyse verwandten Präparates lieferten nach vorausgegangenem Trocknen bei 120° C. 0.0344 gr. Asche = 3.22 %.

IV.) 0.2594 gr. (= 0.2680 gr. nach Abzug von 0.0086 gr. Asche) gaben 0.2472 gr. Kohlensäure, entsprechend 0.0628 gr. Kohlenstoff = 24.21 % C und 0.1005 gr. Wasser, entsprechend 0.0111 gr. Wasserstoff = 4.24 % H.

V.) 0.2451 gr. (= 0.2533 gr. nach Abzug von 0.0082 gr. Asche) lieferten bei 741 Mm. Barometerstand und 16° C. 27.0 Cbc. Stickstoff = 12.51 % N.

VI.) 0.3965 gr. (= 0.4032 gr. nach Abzug von 0.0067 gr. Asche) eines ascheärmeren Präparates gaben 0.0766 gr. Baryumsulfat, entsprechend 0.00105 gr. Schwefel = 0.003 % S.

Die procentige Zusammensetzung des Spirographeïns wäre demnach die folgende:

C = 24.21
H = 4.24
N = 12.51
S = 0.003
O = 55.72 — 58.63
Asche = 1.41 — 3.22.

Eine einfache Formel lässt sich hiernach für das Spirographeïn nicht anfstellen.

Ganz anderer Art ist das Albuminoïd der Onuphisröhren, von welchem *Schmiedeberg* den C- und H-Gehalt bestimmte. Diese Substanz bleibt „nach längere Zeit fortgesetzter wiederholter Behandlung der Röhren mit Salzsäure und Kalilauge bei gewöhnlicher Temperatur in Form von Bruchstücken äusserst dünner Lamellen zurück, von welchen die Flüssigkeit durch Filtriren in der Regel nicht getrennt werden kann, weil das Filter und selbst ein feines Platindrahtnetz von diesen Lamellen sofort mit einer undurchlässigen Schicht gleichsam gepflastert wird". Wie schon der Kohlenstoffgehalt (45.35 %) dieses Albuminoïdes anzeigt, handelt es sich dabei hauptsächlich um resistenter gewordene Theile der ursprünglichen Substanz; wenigstens gilt das von den Spirographisscheiden, bei welchen nur Spuren eines derartig schwerer angreifbaren Restes beobachtet werden, und dessen Er-

scheinen bei dem Lösungsvorgange überhaupt kein constantes ist (cf. S. 5). Ich erwähne das, weil *Schmiedeberg* (l. c., S. 391) anzunehmen scheint, dass zwischen dieser albumoïden Substanz und dem Spirographheïn kein wesentlicher Unterschied besteht, was ich auf Grund der Ergebnisse der Elementaranalyse aber entschieden verneinen muss.

V. Zur Verbreitung der Hyaline.

Eine Substanz, die gleichfalls den Hyalinen zugezählt werden muss, gewinnt man nach genau demselben Verfahren, welches bei der Abscheidung und Reinigung des Onuphins wie Spirographidins erfolgreich eingeschlagen wurde, aus abgeworfenen Schlangenhäuten.[1]) Wie bereits *de Luca* erkannte, liefern dieselben beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure ebenfalls einen glykoseartigen Körper, dessen Entstehen von ihm jedoch irrthümlich auf einen Cellulosegehalt der Schlangenhaut bezogen wurde.

15 gr. derartiger, lufttrockener Häute lieferten mir nach 6-stündigem Kochen mit 150 Cbc. verdünnter Schwefelsäure (1:6) 100 Cbc. eines Neutralisationsfiltrates, von welchem 48 Cbc. 10 Cbc. *Fehling*'scher Lösung desoxydirten; die erhaltene Zuckermenge betrug demnach 0.05 gr. Nach eben stattgefundener Häutung findet man in den neu an die Oberfläche tretenden Hauttheilen von dem Hyaline nur Spuren vor. So lieferten mir z. B. 19 gr. Haut von einer Elaphis quadrilineatus, welche

---

1) Folgender Satz in *Kühne*'s Lehrbuch der physiologischen Chemie (S. 424): „Der merkwürdige Umstand, dass die Epidermis der Neger farblos, wie die unsrige ist, während nur das Rete Malpighi Färbung aufweist, muss entweder zu der Vermuthung führen, dass das Pigment während des Vermehrungsprocesses zersetzt werde, oder zu der Annahme, dass in der Nähe der Papillen ein Lager, eine Matrix von Zellen existirt, die ihren Ort nicht wechselt, sondern stets als Grundstock zurückbleibend durch das ganze Leben hindurch neue Zellengenerationen gebiert und an die Oberfläche sendet", — veranlasst mich zu erwähnen, dass auch die abgeworfene Schlangenoberhaut nur bei einigen (z. B. bei verschiedenen Python-Species) der selbst intensiv dunkel, fast schwarz gefärbten Arten und dabei nur stellenweise wenig fuscinartiges Pigment enthält; bei dem Häutungsvorgange keiner einzigen Species war aber bislang eine Abgabe von Guanin, welches in den tieferen Hautschichten der Schlangen mit wenigen seltenen Ausnahmen ganz allgemein verbreitet ist, zu constatiren.

kurz zuvor ihr altes Gewand abgelegt hatte, nach 6-stündigem Kochen mit 150 Cbc. verdünnter Schwefelsäure (1:6) nur eben nachweisbare Mengen eines reducirenden Körpers. Man wird demnach kaum irren, wenn man annimmt, dass das Hyalin erst dann in der Schlangenhaut auftritt, wenn der Häutungsprocess sich vorbereitet, und dass dieser überhaupt nur durch die Hyalinbildung ermöglicht wird.

Der Hyalingehalt einer solchen abgeworfenen Oberhaut ist kein geringer; 70 gr. derselben lieferten mir 0.2—0.3 gr. der Substanz; so viel sich an dem unzureichenden Materiale feststellen liess, gleicht diese in ihren Eigenschaften dem Spirographidin. Nach mehrmaligem Auflösen in Wasser und Fällen der concentrirten Lösung mit Alkohol wird die Substanz als ein blendend weisses Pulver erhalten, welches weder Eiweiss- (Biuret-, *Millon*'sche und Xanthoproteïnprobe) noch Zuckerreactionen zeigt und durch Jod keine charakteristische Färbung annimmt.

Das von mir dargestellte Präparat hinterliess, nachdem es zuvor bei 120° C. andauernd getrocknet war, 15.91 % Asche und einer nicht ganz zum Abschlusse gebrachten volumetrischen Analyse zur Folge, enthielt dasselbe mindestens 5 % Stickstoff; Schwefel war darin nicht nachzuweisen. Bei 222° C. begann sich das Präparat zu bräunen, verkohlte vollständiger aber erst bei 240—250° C.

Auch aus den Schlangenhäuten erhält man neben dem Hyaline einen dem Spirographeïn nicht unähnlichen albuminoïden Körper.

Anfangs hegte ich die Vermuthung, es möchten die sog. albuminoïden, keratin- und mucinartigen Substanzen sein, aus welchen die Hyaline intra vitam hervorgehen, nnd aus denen sie durch Behandeln mit Säuren und Alkalien zu gewinnen seien. Ich unterwarf deshalb grosse Quantitäten von Schildpatt, Kuhhorn, Hirschgeweihen, Fischbein, Rocheneierschalen. Krebspanzern und von menschlichen Haaren einer diesbezüglichen Untersuchung; aber aus keinem dieser Gebilde waren nachweisbare Mengen eines hyalinartigen Körpers zu gewinnen. Auch das Mucin der Weinbergsschnecken geht nicht in einen solchen über, obgleich es mir allerdings sehr wahrscheinlich geworden ist, dass das nur zeitweise in grösserer Quantität aus den Schnecken zu gewinnende Achroodextrin *Landwehr*'s den Hyalinen zuzurechnen sein wird.

Es bleiben als die eigentlichen Muttersubstanzen der Hyaline allein die veritabelen Eiweissstoffe übrig, und darauf, dass jene aus diesen, sei es unter physiologischen, sei es nur unter pathologischen Zuständen, häufig hervorgehen, weist schon jetzt Manches hin. Wenn schon aus wenigen Organen und nur bei vereinzelten Thierspecies in grösseren Quantitäten abscheidbar, kommt den Hyalinen doch eine weite Verbreitung im Thierreiche zu, und nicht selten werden sie bei den Stoffwechselvorgängen aus Eiweissköpern gebildet. Bald werden unter noch näher zu präcisirenden Bedingungen, vielleicht unter der Mitwirkung von Enzymen oder nur durch Fermente, aus Eiweisskörpern direct Glykose oder andere Kohlehydrate abgespalten, bald treten dabei als Verbindungsglieder beider Gruppen die Hyaline auf.

Die Phonolithe des Hegau's

mit besonderer Berücksichtigung

ihrer chemischen Constitution.

Von

G. FR. FÖHR

aus Stuttgart.

Bei der chemischen Untersuchung von Phonolithen auf seltenere Elemente wurde ich auf die interessanten Gesteine des Hegau's aufmerksam. So oft dieses classische Vorkommen auch schon geognostisch untersucht und beschrieben wurde, so ist es doch mit einziger Ausnahme des Hohentwiels, nie einer eingehenderen chemischen Analyse unterworfen worden.

Da sich bei letzterer manche interessante Daten erwarten liessen, so beschäftigte ich mich seit Frühjahr 1881 mit diesen Gesteinen.

Die Ergebnisse meiner Untersuchungen sind in folgenden Zeilen niedergelegt.

Ueber die geognostischen Verhältnisse der Hegauer Phonolithe ist nur wenig vorauszuschicken, da dieselben bereits durch *Fischer*[1]), *v. Fritsch*[2]), *Fraas*[3]), *Schalch*[4]), *Vogelsang*[5]) u. a. eingehender behandelt worden sind.

Im Norden des hier den Bodensee verlassenden Rheines erstreckt sich eine weite Bucht, die im Westen und Norden von der schwäbischen Jurakette eingeschlossen wird. Dieses schöne und reiche Gebiet, welches im Osten und Südosten in der Stockach und dem Ober- und Zeller See seine natürliche Begrenzung findet, heisst das Hegau. Im Süden wird es vom Rheine bis zu seinem

---

1) Verhandl. der naturforsch. Gesellsch. zu Freiburg i. B. Bd. II. 1862. Nr. 26 u. 27.

2) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1865 S. 651 ff.

3) Erläuterungen zum Blatt Hohentwiel der geolog. Karte von Württemberg.

4) Verhandl. der schweiz. naturf. Gesellsch. zu Schaffhausen. 1873. S. 287 ff.

5) Ueber die natürlichen Ultramarin-Verbindungen. Bonn 1874 S. 25 ff.

Knie bei Schaffhausen abgeschlossen. Die ganze Bucht erscheint wie eine einzige gewaltige Versenkung des schwäbischen Jurazuges.

Aus der durch miocäne Schichten und vulkanische Tufflager flachwellig profilirten Thalsohle erheben sich mehrere Ketten der imposantesten Basalt- und Phonolithkegel.

Beide Gesteine treten, wie an so vielen anderen Fundorten, eng mit einander verbunden auf. Dabei scheint der Phonolith auch hier, wie öfter, das jüngere zu sein.

Fast alle bedeutenderen Kegel sind auf parallelen Ausbruchsspalten angeordnet, die von Nord nach Süd streichen. Den Mittelpunkt der vulkanischen Thätigkeit bildete zweifelsohne die fast 20 Kilometer lange Eruptionsspalte, welche sich in der Richtung von Riedheim gegen Welschingen zu erstreckt (NS). Auf ihr liegen die vier Basaltkuppen: Pfaffwiesen, Hohenstoffeln, Hohenheven (848 m die höchste Erhebung des ganzen Hegaus), Hevenegg. Oestlich und westlich von dieser Hauptspalte und parallel mit ihr ist je noch eine Ausbruchsspalte nachzuweisen.

Diese Basaltkegelreihen gehören der Osthälfte des Hegau's an. Westlich von ihnen liegen die zwei, ebenfalls in nordsüdlicher Richtung streichenden Ausbruchsspalten der Phonolithberge: Rosenegg, Hohentwiel, Hohenkrähen ist die westlichste Reihe, mit ihr parallel streicht die Spalte, auf der die Zwillingskuppen Gennersbohl-Staufen und Mägdeberg-Schwintel liegen. Nach Süden verlängert trifft diese Linie auf den Phonolithtuffhügel von Schoren (Katzenthal).

Die Phonolithberge sind zum Theil mit einem Mantel von vulkanischen Tuffen umgeben, aus dem sie durch Erosion mehr oder minder entblösst wurden. Der Tuff ist zweifelsohne die ehemalige vulkanische Asche der Eruptionskegel. Es ist anzunehmen, dass auch in den Tuffhügeln Rosenegg und Schoren ein Phonolithkern verborgen liegt, der durch Erosion noch nicht freigelegt wurde. Für diese Annahme spricht vor Allem das Vorkommen des Phonoliths am Gennersbohl, wo derselbe, ganz von Tuffmassen verdeckt, seine Auffindung nur einer künstlichen Entblössung bei Anlage einer Strasse verdankt.

Im Ganzen findet sich der Phonolith im Hegau an folgenden sechs Punkten anstehend: Hohentwiel, Hohenkrähen, Gennersbohl, Staufen, Schwintel und Mägdeberg.

Die Gesteine von allen diesen Fundorten unterscheiden sich schon auf den ersten Blick von einander. Sie sollen im Folgenden näher untersucht und beschrieben werden, da mit einziger Ausnahme des Hohentwiels[1]) eine chemische Charakteristik der Hegau-Phonolithe nicht vorliegt.

Der bekannteste von allen diesen Bergen ist der

Hohentwiel,

welcher sich als höchste Kuppe unter den Phonolithen des Hegaus 692 m ü. d. M. erhebt. Auf der Ost-, Nord- und Südseite ist sein Fuss in einem vorgelagerten Hügel von Phonolithschutt versteckt. Im Westen erhebt sich das Massiv des Berges etwa 120 m hoch aus einem Tuffhügel, der sich weiter gegen Süden verbreitert. Der Berg selbst ist von glockenförmiger Gestalt und fällt nach drei Seiten steil ab, namentlich wird seine südliche und östliche Parthie von unersteiglichen, fast senkrechten Felswänden begrenzt. Der ganze Berg war jedenfalls ursprünglich in einen Tuffmantel eingehüllt, der nun an der Ostseite gegen das Städtchen Singen zu, durch Erosion fortgeführt erscheint.

Die ganze Gesteinsmasse ist durch zahlreiche, im Nordwesten des Berges gewöhnlich mit Natrolith gefüllte, Klüfte, zerspalten, die sich zwar nach allen Richtungen hinziehen, im Grossen und Ganzen aber radial nach dem Centrum des Berges hinzuweisen scheinen. Diese Erscheinung, sowie das Auftreten von schalenförmigen Absonderungen sind vielleicht bei dem Erstarrungsprocess des feuerflüssigen Magmas entstanden.

Das Gestein zeigt frisch eine schwarzgraue bis schwärzlichblaue Farbe, welche durch die Verwitterung nach und nach lichter wird. Sie geht allmählig durch lichtgrau in rehbraun über. Diese letztere Farbe zeigt gewöhnlich das Gestein in der Nähe der Natrolithspalten. Die ganze Farbenwandlung hängt hauptsächlich mit der Zersetzung des Hauyn's zusammen, welcher durch seine blauen oder grünen Varietäten den bläulich- bis grünlichschwarzen Farbenton des ganzen Gesteines im frischen Zustande bedingt. Seine leichte Angreifbarkeit durch die Atmosphärilien und die auf Haarspalten circulirenden kohlensäurehaltigen Wässer, welche

[1]) *Jacob Bernath*, Beitrag zur Kenntniss des Noseanphonoliths vom Hohentwiel i. Hegau. Inaug.-Dissert. Bern 1877.

ihn mehr oder minder vollständig zu Natrolith und einem Steinmark ähnlichen Mineral zersetzen, ist die Ursache der oben beschriebenen Farbenveränderung. Uebrigens werden auch andere Gemengtheile des Phonoliths, wie z. B. Nephelin in Natrolith umgesetzt.

Das Hohentwieler Gestein ist in frischem Zustande von flach splittrigem Bruche, an einzelnen Handstücken lässt sich deutlich schiefrige Structur erkennen. Vor dem Löthrohre schmilzt es ziemlich schwierig zur trüben emailartigen Glasperle, im Kölbchen gibt es Wasser ab, das manchmal auf Fernambukpapier bleichend einwirkt (Fluor).

In einer anscheinend dichten an den Kanten durchscheinenden Grundmasse liegen bei dem frischen Gestein einzelne wasserhelle Lamellen von Sanidin eingebettet und neben ihnen häufiger graublaue, lichtblaue bis dunkelblaue und grüne Hauyne, oft mehrere Millimeter gross. Neben ihnen treten die schmalen oft centimeterlangen Krystallnädelchen von schwarzer Hornblende ganz zurück. Dass das betreffende Mineral wirklich Hornblende ist, dafür spricht die hie und da zu beobachtende Spaltbarkeit. Merkwürdiger Weise sind die Krystalle unter dem Mikroscop kaum merklich pleochroitisch. Neben diesen Hornblenden scheinen auch eingesprengte Augitindividuen, wenn auch untergeordnet, vorzukommen. Für Angit spricht ausser dem stark entwickelten muschligen Bruch der Mangel vollkommener Spaltbarkeit, sowie die mehr gelbgrüne Farbe n. d. M. Doch zeigen sich solche Krystalle oft stark pleochroitisch, im Gegensatz zu den oben erwähnten Hornblenden. Seltener sind Einsprenglinge von gelbem Titanit.

Unter dem Mikroscop zeigt sich eine feinkörnige Grundmasse, in der Sanidin, Hanyn, Hornblende und Augit porphyrisch eingewachsen sind. Die Sanidine sind meist einfache Krystalle, ausser den Zwillingen nach dem Karlsbader Gesetze finden sich noch ganz vereinzelt solche nach dem Bavenoer. Die grösseren Sanidine sind meist sehr reich an Einschlüssen (Apatit, Nephelin, einmal auch Titanit beobachtet). Nächst dem Sanidin gehört der Hauyn zu den hervorragend betheiligten porphyrischen Interpositionen. Er ist — wenn frisch — meist schön blau oder grün gefärbt und zeigt die bekannten Structurverhältnisse. Nach der Sauer'schen Methode mit Salzsäure behandelt liefert er zahlreiche Gypskryställchen, ein Beweis seines hohen Kalkgehaltes. Der

Hauyn ist vorwiegerd in grösseren Krystallen vorhanden und nimmt nur untergeordnet an der Grundmasse theil.

Als dritter characteristischer porphyrisch ausgebildeter Gemengtheil treten die Hornblende und der Augit auf, die gerade hier sehr schwer zu trennen sind, da — wie schon *Rosenbusch* [1]) angibt — in ganz abnormer Weise die Hornblenden vorwiegend saftgrün und wenig pleochroitisch, die Augite mehr gelbgrün bis bräunlich und sehr stark pleochroitisch sind. Doch sprechen in sehr vielen Querschnitten die scharf gezeichneten gerade verlaufenden Spalten und Risse für Hornblende und anderseits die undeutlichen Spaltungslinien für Augite.

Die Grundmasse ist vorwiegend aus Sanidin, Nephelin und Augit (Hornblende?) zusammengesetzt. Ziemlich häufig ist auch der Magnetit, dagegen kommt Titanit nur sporadisch vor.

Manche frische Gesteinsvarietäten geben bei hundertmaliger Vergrösserung mit ihrer hellbräunlichen Grundmasse, auf der sich die wasserhellen Sanidine, die lebhaft grünen oft strauch- und blumenkohlartigen Hornblenden neben den meist dunkleren Augiten und den tief grünen und dunkelblauen Hauynen in scharfen Conturen abheben, ein prächtiges Bild [2]).

Das spec. Gewicht des frischen Gesteines beträgt 2,513 (nach *J. Bernath* 2,54), seine Härte ca. 6. In Folge der Verwitterung fällt das spec. Gewicht auf 2,41, die Härte auf ca. 5.

Sämmtliche Hegauer Phonolithe zeichnen sich durch ihr verhältnissmässig geringes spec. Gewicht aus, die Zahlen sind sämmtlich niedriger, als der von *J. Roth* für die Phonolithe angenommene Minimalwerth 2,56. Dieses Verhalten erklärt sich vielleicht aus dem Reichthum der Gesteine an Hauyn (spec. Gew. 2,2—2,3), jedenfalls vermindert auch der gewöhnlich ziemlich hohe Wassergehalt das Eigengewicht des Gesteines.

Im Folgenden ist eine Analyse des Hohentwieler Phonolithes mitgetheilt, die recht gut mit der von *J. Bernath*, weniger gut aber mit den von *Pennema*, *Hooze* und *De Jongh* [3]) ausgeführten übereinstimmt.

---

[1]) Mikroscopische Physiographie II. S. 222.

[2]) S. *Vogelsang* a. a. O. Taf. III.

[3]) S. *Vogelsang* a. a. O. S. 27 u. 29. Die Analysen sind offenbar mit stärker verwittertem Materiale angestellt; die Alkalibestimmungen dürften unrichtig sein.

Phonolith vom Hohentwiel.

	a. *Föhr* Lösl. 54,8, Unlös. 45,2	b. *Bernath* Lösl. 55,9, Unl. 44,1	c. *Pennema* Lösl. u. Unl. nicht best.	d. *Hooze* Lösl. u. Unl. nicht best.	e. *deJongh* Lösl. 60,42, Unl. 39,58
SiO_2	55,01	55,214	54,04	55,83	51,79
Al_2O_3 . . .	21,67	21,782	22,49	21,25	21,36
TiO_2, ZrO_2 .	0,27	nicht best.	nicht best.	nicht best	nicht best.
Ce_2O_3, Y_2O_3 .	Spur	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.
Cu (Pb, Sn, Sb, As)	0,12	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.
Mn (Ni Zn) O .	0,22	desgl.	0,60	0,64	desgl.
Fe_2O_3 . . .	1,95	2,061	2,34	2,37	2,36
Fe O	1,86	2,006			
Ca O	2,12	2,097	1,75	0,86	2,58
Mg O	0,13	0,127	0,11	0,13	0,25
Na_2O	9,78	10,637	8,87	10,03	9,10
K_2O	3,54	3,475	6,98	6,60	7,47
Li_2O	Spur	nicht best.	nicht best.	nicht best.	nicht best.
Cl	0,08	0,074	Spur	0,39	Spur
Fl	Spur	nicht best.	nicht best.	nicht best.	nicht best.
SO_3	0,41	0,456	0 62	0,85	0,96
P_2O_5	0,08	nicht best.	nicht best.	nicht best.	nicht best.
H_2O	2,17	2,069	2,47	2,26	4,31
	99,41	99,998	100,27	101,21	101,18

Die Sauerstoffmenge beträgt von

Eisenoxydul, Kalkerde, Magnesia, Natron, Kali	4,25
Eisenoxyd, Thonerde	10,71
Kieselsäure, Titansäure	29,42

somit der Sauerstoffquotient $\frac{4,25 + 10,71}{29,42} = 0,509$

J. Bernath hat in der citirten Arbeit noch eine Analyse von verwittertem Gestein veröffentlicht, die wir der Vollständigkeit halber hier mittheilen.

Die Sauerstoffmengen betragen bei:

Eisenoxydul, Kalkerde, Magnesia, Natron, Kali	4,20
Eisenoxyd, Thonerde	10,05
Kieselsäure	29,78

somit der Sauerstoffquotient $\frac{4,20 + 10,05}{29,78} = 0,479$

In Säure unlöslich 61 %.

Hellfarbiger Phonolith, verwittert.

SiO_2	55,54
Al_2O_3	19,87
Fe_2O_3	2,58
FeO	1,55
MgO	1,81
Na_2O	8,06
K_2O	6,23
H_2O	3,87
CO_2	Spur
	99,81

Das Material zu dieser Analyse stammt vom Nordfusse des Berges, hinter dem sogenannten „Soldatenkirchhof“ und zwar aus der unmittelbaren Nähe der dort vorkommenden gelben Natrolithadern. Von derselben Stelle rührt das Material einer älteren Analyse von *Chr. G. Gmelin* her. Der lösliche Theil ist nach ihm zusammengesetzt aus:

SiO_2	40,28
Al_2O_3	23,70
Fe_2O_3	2,49
FeO	1,31 *
CaO	7,03! (+ MgO?)
K_2O, Na_2O	8,67
H_2O	15,75
	99,98

Die mit * bezeichnete Eisenoxydulbestimmung wurde vom Verfasser ausgeführt, um den Sauerstoffquotienten feststellen zu können.

Der hohe Kalkgehalt überrascht, wenn man die Analyse *Bernath*'s vergleicht, wo der Kalk gänzlich fehlt. Uebrigens besitzen sämmtliche von mir untersuchte Stufen des betreffenden Fundpunktes einen mehr oder minder bedeutenden Kalkgehalt.

Der Sauerstoffgehalt ist bei

Eisenoxydul, Kalk, Natron, Kali	5,18
Eisenoxyd, Thonerde	11,82
Kieselsäure	21,46

somit der Sauerstoffquotient $\frac{5{,}18 + 11{,}82}{21{,}46} = 0{,}791.$

Im Allgemeinen weicht das Hohentwieler Gestein nicht bedeutend von der mittleren Zusammensetzung des Phonolithes ab. Der verhältnissmässig niedrige Gehalt an Kieselsäure und der entsprechend höhere an Thonerde spricht dafür, dass Hauyn und Nephelin zusammen dem Sanidin so ziemlich das Gleichgewicht halten. Zu derselben Folgerung führt das starke Ueberwiegen von Natron über Kali.

Neu ist der Nachweis von Fluor. Der Gehalt daran gibt sich schon beim starken Erhitzen im Glasrohr durch das Bleichen von Fernambukpapier kund. Jedenfalls gehört dieses Fluor nicht dem Apatite an — dessen Vorhandensein übrigens schon die Bestimmung der Phosphorsäure nachweist —, denn Apatit gibt beim blossen Glühen kein Fluor ab (auch reiner Fluorapatit nicht) Sehr wahrscheinlich gehört dieses Fluor vielmehr den Hornblenden an. Der durch längeres starkes Glühen von diesem Fluorgehalte vollständig befreite Phonolith (Nachweis mit Fernambukpapier) entwickelt bei seiner Aufschliessung mit Phosphorsalz neue Mengen von Fluor, welches höchst wahrscheinlich dem Apatit angehört, denn letzterer entwickelt, wie erwähnt, erst mit Phosphorsalz behandelt Fluor.

Wie neuerdings in vielen Basalten und ähnlichen Gesteinen, so wurden auch in dem Hohentwieler Phonolith erhebliche Spuren von Schwermetallen nachgewiesen. Die oben in Klammern gesetzten treten quantitativ gegen die andern zurück. Sie finden sich sowohl im löslichen (untergeordnet) als auch in unlöslichen Theile (Hauptmenge), lassen sich jedoch aus letzterem durch langes Digeriren in der Wärme mit Königswasser noch grösstentheils extrahiren. Diese Metalle dürften wahrscheinlicher Weise als Silicate (in der Hornblende?) vorhanden sein.

Von Interesse ist der Nachweis seltener Erden. Dieselben könnten z. Th. als Bestandtheile des sporadisch vorkommenden Titanits aufgefasst werden. Doch sprechen geologische Gründe, namentlich die Analogie mit den Zirkonsyeniten, für ihr Auftreten als selbstständige Mineralien in Mikrolithenform.

Die seltenen Erden wurden gemengt mit Titansäure als Oxalate abgeschieden. Nächst ihrem Verhalten gegenüber einer Lösung von schwefelsaurem Kali (Zr, Ce wurden gefällt, Y blieb in Lösung) wurde für Cer die *Poppe*'sche Reaction mit Salpetersäure und Bleipermanganat, für Zirkonerde die Bräunung von Curcumapapier in schwach schwefelsaurer, mit Zink hinlänglich

behandelter Lösung, für Yttrium der Niederschlag mit Fluorwasserstoffsäure aus schwefelsaurer Lösung als entscheidend betrachtet. Näheres über die angewandten Methoden siehe weiter unten. Das Vorhandensein von Tantal ist als wahrscheinlich anzunehmen, doch waren die betreffenden Reactionen bei der Schwierigkeit, Tantal neben vorherrschendem Titan nachzuweisen, nicht überzeugend genug.

Das wichtigste aller Zersetzungsmineralien des Hohentwieler Phonoliths ist der bekannte gelbe Natrolith (Hegauit Selb 1803). Das specifische Gewicht wurde im Mittel aus 4 Bestimmungen 2,171 gefunden. Eine Analyse ergab:

SiO_2	47·69
Al_2O_3	25,65
Fe_2O_3	1,86
CaO	0,64
Na_2O	14,76
Cu, Sn (Sb, Pb) .	0,18
Mn, Ni (Zn, Co) .	0,056
SO_3	0,89
H_2O	8,82
Organ. Subst. . .	Spur
	100,496

Das Mineral enthält fast stets eine Spur von Bitumen. Beim Erhitzen im geschlossenen Glasrohre gibt es Wasser ab, wird zuerst dunkel, dann rosa bis ziegelroth. Die vorübergehende dunklere Färbung rührt nun — wie schon der empyreumatische Geruch verräth — von organischer Substanz her, während die Farbenwandlung von Gelb in Roth (unter Wasserabgabe) hiedurch nicht begründet werden kann, da das resultirende Roth durch die stärkste Glühhitze nicht zerstört wird. Es ist demnach sicher, dass Eisenoxyd das Pigment abgibt. Die nicht häufigen Krystalle in den Drusen erscheinen dagegen farblos oder rein weiss und sind eisenfrei. Und zwar ist Eisenoxyd jedenfalls mechanisch als Hydrat in der Masse des Natroliths vorhanden und bedingt so die isabellgelbe Farbe desselben. Durch Glühen wird es unter Abgabe seines Wassers zu Eisenoxyd umgewandelt und färbt nun als solches den Natrolith rosa bis ziegelroth, je nach seiner feineren oder gröberen Vertheilung. Auch das Mikroscop spricht für diese Annahme. Dünnschliffe von gelbem Natrolith zeigen vor dem Glühen heller oder dunkler gefärbte Wolken, die

— ganz wie die künstlichen Eisenoxydhydratniederschläge — ungeachtet ihrer lichten Farbe sehr wenig durchscheinen. Dieselben lösen sich leicht in Salzsäure. Die Lösung gibt mit Ferrocyankalium und Rhodankalium die bekannten Eisenreactionen. Im geglühten Dünnschliffe sind an Stelle dieser Wolken kleine unregelmässige schwarze und rothbraune Schüppchen und Pünktchen getreten, die sich in Salzsäure schwer lösen und jedenfalls aus Eisenoxyd bestehen.

Das Eisen ist also keineswegs, wie immer angenommen worden, als Vertreter von Thonerde, sondern als Oxydhydrat vorhanden.

Ebenso nahm man häufig an, der in so vielen Natrolithen nachgewiesene Kalk sei, so unwahrscheinlich auch diese Erklärung war, Vertreter von Natron. Ich fand aber in allen von mir untersuchten kalkhaltigen Natrolithen (so z. B. auch in dem von Aussig) Schwefelsäure und zwar an den Kalk gebunden, denn mit viel Wasser liess sich aus dem Mineralpulver Gyps ausziehen. Ich bemerke noch besonders, dass das Untersuchungsmaterial zuvor unter dem Miskroscop (ganz schwache Vergrösserung) geprüft und nur ganz homogene gleichartige Stückchen zur Analyse verwandt wurden. Auch das betreffende Mineralpulver erwies sich u. d. M. als durchaus homogen. Die Analyse zeigt einen ziemlich niedrigeren Natrongehalt als früher veröffentlichte, doch haben jene Analytiker den Kalk übersehen und jedenfalls als Chlorcalcium oder Calciumsulfat mit dem Chlornatrium gewogen.

Auch hier finden wir wieder die schon im Phonolith nachgewiesenen Schwermetalle.

Die Analyse des Hohentwieler Natroliths wird demnach besser folgendermassen zu interpretiren sein:

Natrolith	SiO_2	47,69
	Al_2O_3	25,65
	Na_2O	14,76
	H_2O	7,78
	Eisenoxyd-Hydrat	2,49
	Gyps	1,94
		100,31

Schon *Rammelsberg* zeigt in seiner Mineralchemie, dass der hohentwieler Natrolith schon bei ca. 250° einen Theil seines Wassers verliere, den Rest erst beim stärkerem Erhitzen. Es liegt

nun sehr nahe, diese partielle Wasserabgabe durch die Zersetzung des in dem Natrolith enthaltenen Gypses zu erklären.

Mit Natrolith zusammen kommt hie und da auch Desmin und Kalkspath, seltener Analcim vor und letzterer wird, wie ich an einem von Hrn. Prof. *Gottsche* gesammelten Stücke sah, von Natrolith und dieser von Phillipsit regelmässig überlagert.

Vieles Interessante bieten auch die Phonolithtuffe, sowohl des Hohentwieles selbst, als auch die weiter entfernten von Rosenegg u. a. Der letztere Fundort ist namentlich wegen seiner prächtigen Umwandlungspseudomorphosen nach Sanidin, Hornblende, Glimmer etc. zu erwähnen. Auch fehlt es in den, in den Tuff eingebetteten, Lapilli und Bomben nicht an schönen zum Theil noch wenig beachteten Mineralien z. B. Rutil. Besonders häufig ist auch amorphe Kieselsäure, als Chalcedon, Hyalit, Opal u. s. w. auf Klüften und Spalten der Tuffe ausgeschieden.

Ausser dieser zweifelsohne auf nassem Wege abgeschiedenen Kieselsäure gibt es aber noch Kieselmineralien ganz anderer Art.

Allüberall im Phonolithtuffe des Hegaus liegen rothbraune bis schwärzlichgraue glasartige runde Knollen, die sich durch ihre sie ringsumhüllende Brandrinde u. a. mehr sofort als vulkanische Bomben zu erkennen geben. Aeusserlich machen sie oft ganz den Eindruck von manchen (ungarischen) Holzopalen und liegen auch in der That als solche häufig in den schwäbischen Sammlungen. Schon das Vorkommen als vulkanische Auswürflinge erweckte Zweifel, ob wir es in der That mit opalartigen Mineralien zu thun hätten, es lag näher an Obsidiane oder irgend eine ähnliche glasige Erstarrungsmodification des vulkanischen Magmas zu denken, wie denn schon *Fraas* vermuthete, dass hier Pechsteine vorlägen.

Das physikalische und chemische Verhalten des fraglichen Silicates ist das folgende:

Es sind glasige graue, gelbe, bräunliche, rothbraune bis schwarze Massen, die öfters gebändert, gestreift und geflammt sind. Der Bruch ist bei den lichteren frischen Varietäten flachmuschlig und geht bei den rothen meist schon angegriffenen ins Splitterige. Glasglanz bis Fettglanz. Kantendurchscheinend (frisch) bis undurchsichtig (verwittert). Die rundlichen Knollen sind in der Mitte meist heller, als gegen den Rand zu. Gewöhnlich sind sie rings von einer erdigen gelblichen Verwitterungskruste um-

geben. Das spec. Gewicht beträgt im Mittel 2.221 die Härte 5,5—5,9. Vor dem Löthrohr auf Kohle unveränderlich, mit Soda erfolgt Heparbildung. Im Kölbchen erhält man Wasser, bei zersetzten Varietäten auch etwas Ammoniak und brenzliche Substanzen. Das Glas gelatinirt, wenn auch nur ziemlich schwach, mit Säuren und ertheilt der Boraxperle die Eisenfärbung. Mit Soda und Salpeter geschmolzen zeigt es Mangangehalt. Das Mineral hat also mit manchen eisenschüssigen Halbopalen grosse Aehnlichkeit, doch beweist schon das Gelatiniren mit Säuren, dass wir es mit keinem opalähnlichen Körper zu thun haben.

Das Mikroscop zeigte, dass selbst die scheinbar frischesten Stücke schon bedeutend von der Verwitterung angegriffen waren. In einer gelblich-bräunlichen, isotropen, zum Theil deutlich glasigen Grundmasse liegen hellere Parthieen, zum Theile scharf durch gerade Linien begrenzt (Krystallquerschnitte) zum grösseren Theile aber von rundlichen oder elliptischen Formen. Diese helleren Parthieen sind unzweifelhaft die Ueberreste ehemaliger Krystalle, die in einer hyalinen Grundmasse lagerten und durch Sickerwässer und die Atmosphärilien schliesslich mit dem grössten Theile der einst glasigen Grundmasse in ein körniges amorphes Produkt umgewandelt wurden. Sie zeigen zum allergrössten Theile nur noch Aggregatpolarisation, letztere ist ein Beweis davon, dass die Zersetzung noch keine ganz vollständige ist. Den Umrissen nach hatten wir es in vielen Fällen mit zersetzten Hanynen, in anderen mit Sanidinen zu thun. Erstere zeigten oft noch die charakteristischen Magnetiteinlagerungen oder waren noch häufiger ganz in Magnetitskelete verwandelt. Ueberhaupt hatte sich der Magnetit noch verhältnissmässig am besten gehalten. Und ehemalige unverkennbare Hornblende- oder Augitkrystalle waren vollständig zu einem von zahlreichen Magnetitkörnern erfüllten Skelet umgewandelt worden. Frische, noch polarisirende Krystalle sind selten, ausser Hauyn und Sanidin konnte nur noch Hornblende festgestellt werden. Bei stärkerer Vergrösserung wurden auch noch ziemlich intacte Nepheline sporadisch gefunden.

Trotz aller Mühe konnte kein frischeres Material gesammelt werden. Selbst die tief aus dem Tuffe ausgegrabenen noch ganz frisch erscheinenden Bomben zeigten unter dem Mikroscop schon eine weitgehende Zersetzung, so dass auch in ihnen frische polarisirende Krystalle zu den Seltenheiten gehörten. Es scheint also,

als ob Sickerwässer, die ja, wie die in den Hohlräumen sich findenden Kalkspathe beweisen, vielfach in den Tuffschichten circuliren, die Ursache dieser weitgehenden Veränderung unserer vulkanischen Gläser wären; dass wir es hier mit solchen zu thun haben, scheint schon aus der mikroscopischen Untersuchung hervorzugehen.

Nachstehend folgt eine Analyse von thunlichst frischem Materiale. Dieselbe wurde, um Anhaltspunkte für eine Vergleichung zu erhalten, ganz wie die Phonolithanalyse ausgeführt, d. h. die Untersuchung des in Salzsäure löslichen Theiles wurde getrennt von der des in Säure unlöslichen vorgenommen und aus der Summe beider die Bauschanalyse des vulkanischen Glases erhalten, welches in der That in seiner Zusammensetzung Aehnlichkeit mit manchen Pechsteinen hat.

Phonolithglas vom Hohentwiel.

	Lösl. 27,96	Unlösl. 27,04	Total
SiO_2	8,50	64,95	73,45
Al_2O_3	4,44	5,67	10,11
Fe_2O_3	0,80	0,25	1,05
FeO	0,43	0,53	0,96
MnO (NiO)	0,09	0,31	0,40
CaO	2,37	0,10	2,47
MgO	0,06	Spur	0,06
Na_2O	3,73	0,21	3,94
K_2O	0,28	0,51	0,79
Cl	0,56	—	0,56
SO_3	1,24	—	1,24
H_2O	5,35	—	5,35
	27,85	72,53	100,38
ab O für Cl_2	0,13		0,13
	27,72		100,25

Die Sauerstoffmenge beträgt für:

Eisenoxydul, Manganoxydul, Kalkerde, Magnesia, Alkalien	2,19
Eisenoxyd, Thonerde	5,03
Kieselsäure	42,90

somit ist der Sauerstoffquotient : $\frac{2{,}19 + 5{,}03}{42{,}90} = 0{,}168$

Untenstehend ist die Analyse des löslichen Theiles wasserfrei auf hundert berechnet, dabei wurde ein dem Eisenoxydul äquivalenter Theil Eisenoxyd als Magnetit (Oxydoxydul) in Abzug gebracht Die Analyse gleicht manchen Hauynanalysen, nur der Thonerdegehalt ist geringer, sonst ist aber die Uebereinstimmung so gross, dass wir den löslichen Theil für Hauyn (mit wenig Nephelin) in etwas zersetztem Zustande ansprechen dürfen. Dabei scheint das Eisenoxyd zum Theil als Vertreter der Thonerde vorhanden zu sein.

SiO_2	39,61
Al_2O_3	20,69
Fe_2O_3	1,49
Mn O (Ni O) . . .	0.41
Ca O	11,05
Mg O	0,28
Na_2O	17,38
K_2O	1.31
Cl	2,61
SO_3	5.78
	100,61
ab O für Cl_2	0,61
	100,00.

Der in Säuren unlösliche Theil lässt sich nicht so einfach interpretiren. Es scheint übrigens als ob wir es neben freier Kieselsäure hauptsächlich mit Sanidin und natronhaltiger Hornblende (und Augit) zu thun hätten.

Hohenkrähen.

In einer Entfernung von 4 Kilometern in genau nördlicher Richtung vom Hohentwiel erhebt sich, zweifelsohne auf derselben Eruptionsspalte, der 644,4 m hohe Hohenkrähen, nächst jenem der bedeutendste und imposanteste der hegauer Phonolithe. Er hat im Gegensatz zu der Glockenform des Hohentwiels eine ausgesprochene Kegelform. Seine Wände fallen sogar so steil, gegen Osten beinahe senkrecht in die Ebene ab, dass er fast einem Zuckerhute gleicht. Die Phonolithtuffe umgeben ihn, wie auch den Hohentwiel, hauptsächlich an seiner Westseite, ein Umstand, der

von einigen Beobachtern dem Herrschen von ostwestlichen Winden während der Ausbruchszeit zugeschrieben wird, wahrscheinlicherweise aber einseitiger Denudation ihren Ursprung verdankt. Auch sein Fuss wird wie der des Hohentwiels vorzugsweise westlich durch eine Schutthalde begrenzt.

Das Gestein des Hohenkrähens ist ein sehr charakteristischer Hauynphonolith von entschieden porphyrischem Charakter. Aus der grünlichen Grundmasse heben sich vor Allem die matten weissen zersetzten Hauyne hervor, in zweiter Linie treten Sanidintafeln und grössere und kleinere Hornblendekrystalle auf. Seltener sind honiggelbe Titanite.

Das dunkelgraugrüne Gestein sieht, namentlich wenn es durch die Verwitterung schon etwas angegriffen ist, mit seinen milchweissen Hauynen, glashellen Sanidinen sammtschwarzen Hornblenden und metallglänzenden Magnetiten äusserst charakteristisch aus, und gehört mit zu den schönsten des Hegaus.

Als häufigste porphyrische Ausscheidung tritt der Hauyn auf, er ist jedoch meist schon in ein erdiges weisses steinmarkähnliches Mineral verwandelt, nur die grösseren Krystalle zeigen noch einen blauen bis blaugrauen Kern, von der weissen Umwandlungskruste umrahmt. In selteneren Fällen sind diese blauweissen Einsprenglinge noch von einer dritten rothen eisenschüssigen Zone eingeschlossen. Den Krystallquerschnitten nach haben wir es ausschliesslich mit Rhombendodekaëdern (die hier und da fast Erbsengrösse erreichen) zu thun. Es liegt nahe, das Zersetzungsprodukt für Kaolin zu halten, zumal da *Ad. Sauer* an canarischen Phonolithen die Kaolinisirung von Hauynen nachwies, doch steht das fragliche Mineral in seinem physikalischen Verhalten dem Steinmark oder manchem schmelzbaren Bol näher, ohne jedoch mit einem derselben völlig übereinzustimmen. Vor dem Löthrohr schmilzt es ziemlich schwer zu weissem Email; Kaolin und ächtes Steinmark sind unschmelzbar. Härte 2,5—2,75 (Kaolin 1, Steinmark 2,5). Gibt im Kolben wenig Wasser ab. Mit Kobaltsolution geglüht blaue Masse, schmilzt bei dauernder Hitze zu blauem Glase. Eine qualitative Analyse ergab neben Kieselsäure, Thonerde, Wasser und wenig Magnesia, Kalk, Eisen und Natron. Wird von Säuren nur wenig angegriffen. Einzelne Varietäten enthalten kohlensauren Kalk eingemengt und brausen desshalb beim Betupfen mit Salzsäure.

Das zweithäufigste porphyrisch ausgeschiedene Mineral ist der Sanidin, welcher durch die Zersetzung nur wenig leidet und nur in ganz verwitterten Stücken trübe wird.

Geradezu typisch für das Hohenkrähen-Gestein sind die häufig mehrere Millimeter grossen Hornblendekrystalle. Seltener finden sich selbst 1—2 cm grosse. Wegen der leichten Schmelzbarkeit dieser Nadeln darf man vermuthen, dass sie Arfvedsonit seien. Das Mineral tritt meist in deutlichen Prismen von schwarzer Farbe auf. Glasglanz. In frischen Varietäten grüner, in zersetzten brauner Strich. Gibt im Kölbchen Fluor ab, zeigt im Spectroscop neben den Kalk-, Natron- und Kalilinien meist auch noch die Lithiumlinie. Auf Platinblech mit Soda geschmolzen Manganreaktion, ertheilt der Boraxperle die Eisenfärbung. Schmilzt sehr leicht vor dem Löthrohre zur magnetischen Kugel. Spec. Gewicht 3,414.

Nach einer Analyse ist das Mineral folgendermassen zusammengesetzt:

SiO_2	45,07
Al_2O_3	8,80
Fe_2O_3	8,13
FeO	22,65
MnO [Ni, Zn, (Co)]	3,07
CuO [Sn, (Sb), Pb]	0,71
CaO	0,81
MgO	2,98
Na_2O	4,28
K_2O	2,68
Li_2O, Fl	Spur
	99,18

Das in Untersuchung genommene Material zeigte sich im Dünnschliff voll von fremden mikrokrystallinischen Einlagerungen. Namentlich waren Magnetitinterpositionen sehr zahlreich vorhanden. Homogenes Material war nicht zu finden. Der Analyse nach — wenn wir auf die zahlreichen, die chemische Totalzusammensetzung jedenfalls wesentlich beeinflussenden Mikrolithe keine Rücksicht nehmen — haben wir es mit einer Kalk- und Magnesiaarmen, dagegen an Alkalien sehr reichen Hornblende zu thun. Dieses Verhältniss und der hohe Gehalt an Eisenoxydul bewirken

jedenfalls auch die verhältnissmässig sehr leichte Schmelzbarkeit. Auffallend ist der hohe Gehalt an Mangan und anderen Schwermetallen. Darnach scheint also wesentlich die Hornblende die Trägerin der im Phonolith gefundenen Schwermetalle zu sein. (Näheres s. unten).

Titanit ist in oft mehrere Millimeter grossen Kryställchen häufiger als im hohentwieler Gestein.

Unter dem Mikroscop löst sich das Gestein schon bei schwacher Vergrösserung vollkommen in krystallinische Elemente auf. Einzelne stark ausgebildete Krystallindividuen verleihen durch ihre Grösse dem Gestein ein porphyrisches Aussehen. Neben den Sanidinleisten finden sich sporadisch auch Plagioklase. Bei ersteren fallen die häufigen Karlsbader Zwillinge ins Auge. Im Allgemeinen scheint die Zwillingsbildung nicht bei ganz kleinen, in Masse auftretenden Sanidinen stattzufinden, sondern nur bei den grösseren porphyrisch ausgeschiedenen. Die Hauyne sind auch in mikroskopischen Krystallen meist schon angegriffen. Bei der Zersetzung trennt sich das Mineral in lauter kleine Partikel, die häufig durch die Spaltungsrichtungen des Krystalles begrenzt werden. Bei weitergehender Verwitterung werden diese nur lose zusammenhängenden Theile immer mehr von Sprüngen durchsetzt, bis schliesslich der Hauyn in eine gekörnte Substanz verwandelt ist, von der wir weiter oben zeigten, dass sie dem Steinmark am nächsten steht. Im ersten Stadium zeigt der Krystall noch Aggregatpolarisation, während er vollständig pseudomorphosirt isotrop ist. Seltener und meist nur, wenn durch Spalten Hohlräume entstanden, sind die Hauyne zeolithisirt. Der Nephelin tritt zahlreich und schön auf, darf aber nicht mit wasserhellen Hauynen verwechselt werden, die auch in ganz geringer Grösse auftreten. Ebenso zeigt sich wie für das unbewaffnete Auge so auch mikroscopisch die Hornblende sehr verbreitet. Hieher gehören zweifelsohne die grünen stark pleochroitischen Querschnitte mit sehr stark ausgesprochener Spaltbarkeit. Es ist sehr wahrscheinlich, dass auch diese mikroscopischen Hornblenden so reich an Alkalien sind wie die porphyrisch ausgeschiedenen grossen. Wenigstens bilden sich beim Betropfen mit einer Mischung von rauchender Flusssäure und Salzsäure nach dem Verdunsten u. a. ziemlich häufig hexaëdrische Kryställchen, die isotrop brechen und als Natrium- resp. Kaliumchlorid aufgefasst werden müssen.

Dagegen scheinen die grünen kleinen Nädelchen, welche so häufig sind, dem Augit anzugehören. Magnetit ist sehr häufig und kommt gerne mit den Hauynen und Hornblenden (resp. Augit) zusammen vor. Ausserdem wurde noch das Vorkommen von Apatit und Titanit festgestellt.

Phonolith vom Hohenkrähen.

C. G. Gmelin.

	Total	Lösl. 55,13	Unl. 44,87
SiO_2	53,70	43,25	66,55
Al_2O_3	19,73	22,90	15,86
TiO_2, ZrO_2	vorhanden *	—	—
Ce_2O_3, Y_2O_3	Spur *	—	—
Cu (Pb, Sn, Sb. As)	0,34 *	—	—
Mn_2O_3 (Ni, Zn) *	1,09	1,19	0.89
Fe_2O_3	2,85	1,72	4,23
FeO	0,63 *	0,85 *	0,36
CaO	1,46	2,44	0,27
MgO	vorhanden *	—	—
Na_2O	7,43	13,67	vorhand. *
K_2O	7,24	5,45	9,44
Li_2O	Spur *	—	—
Cl, Fl *	Spur	—	—
SO_3	0,12	0,22	—
P_2O_5	0,15 *	0,27 *	—
H_2O	3,12	5,79	—
	97,86	97,75	97,60

Vorstehend ist eine ältere Analyse des Hohenkrähen-Gesteines von *C. G. Gmelin* (1828) mitgetheilt. Die mit * bezeichneten Bestimmungen sind nachträglich vom Verfasser vorgenommen worden. Das dabei verwandte Material zeigte einen Glühverlust von 3,06% war also jedenfalls dem *Gmelin*'schen sehr ähnlich zusammengesetzt. Auffallend ist der hohe Mangangehalt, sowie der Umstand, dass keine Magnesia angegeben ist. Eine qualitative Untersuchung des Gesteins zeigte aber, dass dieselbe sowie das Natron im unlöslichen Theil von *Gmelin* nur übersehen wurde. Daraus erklärt sich auch u. a. der grosse Verlust der Analyse.

Die Sauerstoffmenge beträgt für

Eisenoxydul, Kalkerde, (Magnesia), Alkalien . .	3,71
Eisenoxyd, Thonerde, Manganoxyd	10,40
Kieselsänre	28,64

somit ist der Sauerstoffquotient : $\frac{3{,}71 + 10{,}40}{28{,}64} = 0{,}493$

Das spec. Gewicht beträgt im Durchschnitt 2.449.

Der hohe Wassergehalt sowie der geringe Schwefelsänregehalt deutet darauf hin, dass schon angegriffenes Material untersucht wurde.

Auf den Spalten und Klüften des Gesteines, namentlich auf der dem Hohentwiel zugekehrten Südseite des Berges finden sich ebenfalls gelbe bis röthliche Natrolithe, ganz ähnlich, wie die des Hohentwiels, nur ist das Vorkommen nicht so gut aufgeschlossen. Das etwas höhere spec. Gewicht 2,183, sowie die meist intensivere Farbe (gelbroth — orange) erklären sich leicht aus dem höheren Eisengehalt, mit dem zugleich auch der Gehalt an Wasser steigt, da das Eisen als Oxydhydrat vorhanden ist. Der Analyse nach ist auch der Natrolith vom Hohenkrähen ein Gemenge von Natriumaluminiumsilicat mit Gyps und Eisenoxydhydrat. Dieselbe ergab:

SiO_2	47,68	Natrolith	SiO_2	47,68
Al_2O_3	25,24		Al_2O_3 . . .	25,24
CaO	0,55		Na_2O	14,35
Na_2O	14,35		H_2O	8,45
Cu (Pb, Sn) }	vorhanden		Gyps	1,50
Mn (Ni) }			Eisenoxydhydrat	3,00
SO_3	0,71			100,22
H_2O	9,45			
Fe_2O_3	2,24			
Organ. Subst. .	Spur			
	100,22			

Die gefundene Menge Kalk erfordert eigentlich 0,78 SO_3 statt der 0,71 gefundenen. Doch kann trotzdem kein Zweifel darüber herrschen, dass Ca in der That als Sulfat vorhanden sei, weil sich auch hier durch viel Wasser aus dem Mineralpulver Gyps ausziehen lässt. Mit ihm zusammen kommt noch häufig Kalkspath vor, der gewöhnlich ebenfalls durch Eisenoxydhydrat gelblich gefärbt ist.

Die Hegauer Natrolithe liefern einen kleinen Beitrag zu der Frage nach der Entstehung der Zeolithe. Nach *Rosenbusch*[1]) erfordert die Zeolithisirung „Wasser und hohe Temperatur und vollzog sich wahrscheinlich in sehr frühen Epochen der Existenz der Gesteine." Das dürfte bei den Hegauer Natrolithen kaum der Fall sein. Schon die ganze Art des Vorkommens auf Klüften und Spalten spricht ungemein für einen Auslaugungsprocess aus dem Phonolith, der sich höchst wahrscheinlich noch heute vollziehen kann. Dafür lässt sich u. A. der fast nie fehlende Gehalt an organischer Substanz anführen, ferner das Zusammenvorkommen mit Gyps (und Kalkspath), welcher manchmal in feinen Schichten und Schnüren mit dem Natrolith wechsellagert, so dass die radial strahligen Natrolithkugeln durch solche dünne Gypslagen in einzelne concentrische Kugelschaalen zerfallen. Eine Vergleichung der Analysen von frischem und verwittertem Phonolith (siehe Hohentwiel) zeigt für letzteren eine Abnahme von Natron, Kalk, Schwefelsäure (und Chlor). Diese Substanzen wurden, wie das ganze Aussehen des den Natrolith umschliessenden Phonoliths zeigt, ausgelaugt. Was ist nun näher liegend, als anzunehmen, dass sie sich als Gyps, Natrolith und Kalkspath auf den Spalten wieder ausschieden? Denn dem ganzen Vorkommen nach muss der Natrolith auf dieselbe Weise wie der oft in ihm eingewachsene Kalkspath und der mit ihm wechsellagernde Gyps entstanden sein. Und für letztere beiden Mineralien sind „hohe Temperaturen" bei der Bildung nicht denkbar. Andere Zeolithe mögen die Produkte hoher Temperaturen sein, die Hegauer Natrolithe müssen jedoch wohl als einfache Auslaugungsprodukte aus dem Nebengestein angesehen werden. Auch *Fraas* ist dieser Ansicht, wenn er in seinen Begleitworten z. Atlasblatt Hohentwiel S. 8 sagt „der Natrolith erscheint ganz unzweifelhaft als das Zersetzungsprodukt des hauynhaltigen Phonoliths, als das letzte Stadium der Veränderungen, die mit dem Phonolithe vor sich gehen."

---

[1]) Mikroskop. Physiographie II, S. 213.

Gennersbohl.

Kaum 1000 m östlich von der Eruptionsspalte Hohentwiel—Hohenkrähen streicht die zweite ihr parallele hin, deren südliches Ende das Zwillingspaar Gennersbohl—Staufen begrenzt, die fast in derselben Breite wie der Hohentwiel liegen. Am nördlichen Ende liegen, correlat dem Hohenkrähen, die beiden Eruptionskegel Mägdeberg—Schwintel. Verlängert man diese Eruptionsspalte noch weiter nach Süden, so trifft sie auf den Tuffhügel bei Katzentbal (Schoren) 574 m, unter welchem möglicherweise noch ein Phonolithkern verborgen steckt. Weit unbedeutender als am Staufen ist das Phonolithvorkommen am Gennersbohl, welches ein sprechendes Zeugniss für die Ansicht bietet, dass es im Hegau vielleicht noch mehr Ausbruchsstellen des Phonoliths gibt, welche nur durch Tufflager bedeckt sind. Denn nur einem Zufall, der Eröffnung eines Steinbruchs auf Chausseematerial, verdankt man es, dass unter der Tuffdecke des Gennersbohls am Hilzinger Weinberg ein Phonolithkern entdeckt wurde. Nur ungefähr 300 m Luftlinie vom Staufen in nordnordwestlicher Richtung entfernt liegt dieses interessante Vorkommen hart an der Strasse von Duchtlingen nach Holzingen. Das Gestein ist durch kohlensäurehaltige Sickerwässer schon sehr stark angegriffen, so dass es sehr rauh anssieht und überhaupt mit manchem Trachyt viele Aehnlichkeit zeigt. Doch gelatinirt es — ausgenommen ganz zersetzte Fragmente — mit Säuren deutlich. Gewöhnlich braust es beim Behandeln mit Säuren stark, da es vielfach von Kalkspath durchsetzt ist. Von allen Hegauer Phonolithen steht es dem Hohenkrähen-Gestein, namentlich in seinen zersetzten Varietäten, am nächsten. In einer grünlichen Grundmasse finden sich prophyrisch ausgeschiedene Krystalle, doch nicht so zahlreich wie beim Hohenkrähen-Phonolith. Vor allem fallen bis $^1/_2$ cm grosse Hauynkrystalle in die Augen, die jedoch meist schon in die steinmarkähnliche Substanz verwandelt sind. Neben ihnen tritt der Sanidin fast ebenso häufig, in Tafel- oder Leistenform auf; die Krystalle sind meist stark rissig. Auffallend sind die vielen grossen Hornblendekrystalle, deren leichte Schmelzbarkeit einen hohen Eisen- und Natrongehalt vermuthen lässt. Ab und zu finden sich auch Blättchen von dunkelem Glimmer und bis $^1/_2$ cm grosse schön honiggelbe Titanite. Charakteristisch sind die sich überall findenden Kalkspathadern und Drusen.

Das Mikroscop zeigt, dass wir es mit einem schon stark zersetzten Hauynphonolith zu thun haben. Der Sanidin ist ebenso häufig porphyrisch wie in der Grundmasse vertreten, hie und da zeigen sich die kleineren Individuen in ausgezeichneter Fluctuationsstructnr angeordnet. Karlsbader Zwillinge sind ziemlich selten, ebenso Plagioklase. Die Krystalle, sehr reich an Einschlüssen, zeigen auch öfters in Höhlungen die charakteristischen dachziegelähnlichen Tridymit-Schnppen. Hauyn ist auch im Dünnschliff in grösseren Krystallen sehr häufig, aber meist schon stark zersetzt. Seine Krystallqnerschnitte geben dann ganz ähnliche Bilder, wie die Hanynskelete in den oben beschriebenen Phonolithgläsern.

Ein sehr vorwiegendes Gesteinselement ist die Hornblende, begleitet von meist grasgrünem Angit. Merkwürdigerweise sind die Augite stark nnd die Hornblende nnr schwach pleochroitisch. Für entscheidend bei der Bestimmnng dieser beiden so nah verwandten Mineralien wurde der Habitns der Spaltungslinien angesehen. Nephelin ist änsserst spärlich vorhanden, derselbe scheint in der Grundmasse schon vielfach zersetzt zn sein, ist aber als Einschlnss im Sanidin gar nicht zu verkennen nnd bildet so den Beweis für die Phonolithnatur des Gesteins. *Fischer* hielt dasselbe seines ganzen Aussehens halber für Trachyt. Apatitnadeln und Titanitkryställchen treten im Dünnschliffe nnr untergeordnet auf. Als Zersetznngsprodncte zeigen sich auch nnter dem Mikroscope öfters Kalkspath und Zeolithmandeln.

Eine quantitative Analyse ergab:

Phonolith vom Gennersbohl.

	Lösl. 39,19	Unlösl. 60,81	Total
SiO_2	32,61	62,88	51,02
Al_2O_3	23,76	15,33	18,63
TiO_2, ZrO_2 (Ta?)	—	—	vorhanden
Ce_2O_3, Y_2O_3 . .	—	—	Spnr
Cu (Pb, Sn, Sb) .	—	—	0,15
Mn (Ni, Zn) O .	0,28	0,79	0,59
Fe_2O_3	0,98	4,53	3,14
FeO	1,09	0,67	0,84
CaO (Sr, Ba) .	15,03	3,26	7,89
MgO	1,19	0,90	1,02
Na_2O	6,47	2,63	4,13
K_2O (Li) . . .	2,97	8,12	6,08

Cl	0,23	—	0,09
Fl	—	—	Spur
SO_3	0,74	—	0,29
P_2O_5	0,41	—	0,16
H_2O	2,81	—	1,10
CO_2	11,56	—	4,53
	100,13	99.15	99,66

Die Sauerstoffmenge beträgt für:

Kieselsäure	27,18
Eisenoxyd, Thonerde	9,64
Eisenoxydul, Kalkerde, Magnesia, Alkalien	5,70

somit der Sauerstoffquotient $\frac{5.70 + 9,64}{27,18} = 0,564$

Das specifische Gewicht ist 2,480.

Durch den hohen Gehalt von Calciumcarbonat wird der Kieselsäuregehalt des löslichen Theils stark herabgedrückt. ebenso der von Natron. Doch sind trotz dieses Austritts von Natron Natrolithe auf den Spalten des Gesteins nicht allzu häufig, dafür findet sich ab und zu gelblicher, wasserheller und schwach rosenrother Analcim in deutlichen Krystallen.

Staufen.

Der Staufen, ungleich bedeutender als der Gennersbohl, ist ebenfalls, wie der Hohentwiel und Hohenkrähen ein mit einer Burgruine gekrönter Kegelberg (595 m üb. d. M.). In seiner äusseren Form, namentlich auch in Betracht der ziemlich breiten Abstumpfungsfläche ist er das verkleinerte Abbild des Hohentwiels, ganz wie dieser auf der West- und Südseite mit mächtigen Tuffschichten umgeben, während er im Osten steil gegen den diluvialen Moränenlehm einfällt. Das Gestein des Staufen ist ein fester dichter Phonolith von grünlicher Farbe, in dem sich kleine Hauyne porphyrisch ausgeschieden haben, jedoch nicht in so reichlichem Maasse wie bei Hohenkrähen und Gennersbohl. Auch hier sind die Krystalle fast durchgängig in jene oben beschriebene steinmarkähnliche Substanz verwandelt. Die andern constituirenden Mineralien treten selten porphyrisch auf, selbst Sanidinleistchen sieht man nur ganz vereinzelt blitzen und Hornblende- (resp. Augit-) Nädelchen sind noch seltener. Ab und zu

zeigen sich in der Masse dunklere Flecken, wie solche auch beim Hohentwiel-Phonolith auftreten, die sich unter dem Mikroscope in Aggregate von Augitkryställchen auflösen. Der Staufen-Phonolith zeichnet sich durch seinen kurzklüftigen Bruch vor den andern Hegauer Gesteinen aus.

Die grösseren Hauyne, die jedoch 1 mm selten überschreiten, besitzen oft noch einen klaren Kern, der von der weisslichen bis gelblichen Steinmarkrinde umrahmt ist, die kleineren Krystalle sind aber ganz pseudomorphosirt. Unter dem Mikroscope zeigt das Gestein in der aus kleinen Individuen der constituirenden Mineralien bestehenden Grundmasse eine durch ausgeschiedene grössere Krystalle bedingte porphyrische Structur. Der Sanidin kommt fast nur in einfachen Krystallen vor, er tritt als porphyrische Ausscheidung gegen den Hauyn zurück, nimmt aber in hervorragender Weise an der Grundmasse theil; hie und da ist der Fluctuationsstructur entsprechende Gruppirung der kleineren Krystalle um die grösseren zu beobachten. Einschlüsse sind sehr häufig, namentlich Hauyn, Augit, Nephelin, Apatit, ferner treten Flüssigkeitseinschlüsse manchmal in Reihen geordnet auf, ebenso finden sich ab und zu eingeschlossene Glasmassen. Plagioklasleistchen sind recht selten. Der die Hauptmasse der porphyrischen Ausscheidungen bildende Hauyn zeigt zwei verschiedene Umwandlungszustände. Der seltenere zeigt das Mineral erst in ein Aggregat von feinen Zeolithnadeln umgesetzt, der häufigere schon in körniges Steinmark. Von den Spalten aus ist in die zersetzten Krystalle Eisenoxydhydrat gedrungen, das ganz in denselben Wolken auftritt, wie bei den gelben Natrolithen. Hier und da sieht man deutlich, dass das Eisenoxydhydrat jedenfalls z. Th. ein Zersetzungsproduct des Magnetits ist, denn rings um die dunklen Magnetitkörnchen verbreiten sich die Wolken und Nebel, so dass die ersteren oft ganz in einem Rahmen von Oxydhydrat eingebettet liegen. Die Mitte der Hauyn-Krystalle ist oft noch ganz frisch, Augiteinschlüsse sind häufig, Glaseinschlüsse seltener. Die grösseren Krystalle lassen oft noch in bekannter Weise zahlreiche, sich unter 30° kreuzende Systeme paralleler Linien (Spaltungsrichtungen) erkennen. Auch finden sich häufig regelmässige Verwachsungen der einzelnen Krystallindividuen. Die Krystalle gehen nicht häufig unter eine gewisse Grösse herab und finden sich in der Grundmasse verhältnissmässig nur selten. An ihre Stelle tritt der Nephelin. An der Zusammensetzung der

Grundmasse betheiligen sich auch die Mineralien aus der Augit- und Hornblendegruppe in bedeutender Quantität. Zu Augit scheinen die lebhaft grünen Individuen zu gehören, da sie äusserst selten Spaltungslinien beobachten lassen. Sie sind stark pleochroitisch: olivengrün — pistaziengrün — bläulich-grün. Ausser den meist nadelförmigen Krystallen kommen auch selten zerfressene und ausgefranste vor. Nicht selten ist zonare Färbung zu beobachten. Die Krystalle haben einen grünen Kern, welcher von einer farblosen Zone umschlossen ist und seinerseits wiederum durch ein zweites grünes Band umrahmt wird. Mehrfach geknickte Krystalle sind ziemlich häufig. Die Augite schliessen, ausser farblosen Mikrolithen (z. Th. Apatit), Glaszellen, Nepheline und Magnetit ein. Letzterer gibt wohl auch zu Bildung von Skeletpseudomorphosen Veranlassung. Durch die Verwitterung wird das Mineral körnig und färbt sich dunkler grün, bis es schliesslich braun wird. Neben diesen Augiten zeigen sich auch häufig Krystalle, die sich durch ihre zahlreichen, scharf ausgeprägten Spaltungslinien als Hornblende zu erkennen geben. Dieselben zeichnen sich durch ihren geringen Pleochroismus und ihre mehr bräunlich-grüne Farbe aus. Nephelin tritt nur in mikroscopischen Krystallen auf, ist selten auch porphyrisch ausgeschieden und dann leicht mit kleinen Hauynen zu verwechseln, von denen ihn aber das Verhalten im polarisirten Lichte unterscheidet. Als Gemengtheil der Grundmasse ist er in zahlreichen wasserhellen sechsseitigen und rechteckigen Krystallquerschnitten vorhanden, z. Theil auch ohne scharfe Umrisse in abgerundeten Körnern. Magnetit tritt spärlich in meist rundlichen Körnern uf. Krystalle sind selten. Häufig ist er schon in Brauneisenstein umgewandelt und dringt als solcher in die Haarspalten der anderen Krystalle ein. Apatit ist als spärlicher Gemengtheil der Grundmasse in farblosen z. Th. quergegliederten Säulchen und Hexagonen nachzuweisen, auch als Einschluss in Sanidinen und Augiten. Die sonst schwer von Nephelin zu trennenden Kryställchen kennzeichnen sich durch den Mangel einer Galertbildung bei Säureeinwirkung. Titanit ist ziemlich selten in orangerothen Körnchen und keilförmigen Krystallen. Eisenglanz, an seinem rothen Durchschimmern kenntlich, tritt selten in Körnchen und Flimmern auf. Leucit findet sich als mikroscopischer Einsprengling, aber nicht allzuhäufig, die charakteristische Streifung konnte nur einmal im polarisirten Lichte deutlich erkannt werden.

Krystallquerschnitte sind selten, seine rundlichen Formen sind durch ihre Mikrostructur kenntlich. — Die Reihenfolge der Ausscheidungen scheint, nach den Einschlüssen von kleineren in grösseren Krystallen zu schliessen, folgende gewesen zu sein: Apatit, Magnetit, Nephelin, Augit (Hornblende), Hauyn, Titanit, Sanidin. In den stark zersetzten Varietäten finden sich ab und zu in Hohlräumen von Sanidinen Tridymite, kenntlich an ihrer charakteristischen Anordnung in Dachziegelform.

Das specifische Gewicht beträgt im Mittel: 2,452.

Phonolith vom Staufen.

Löslich 37,21. Unlöslich 62,79

SiO_2	55,92	
Al_2O_3	20,35	
TiO_2, (ZrO_2)	vorhanden	
Ce_2O_3, Y_2O_3	Spur	
Cu (Pb)	0,18	
MnO (Ni, Zn)	0,50	
Fe_2O_3	2,16	
FeO	0,94	
CaO	2,21	
MgO	0,62	
Na_2O	8,35	Li_2O Spur
K_2O	4,83	
H_2O	3,51	
SO_3	0,23	
P_2O_5	0,18	
Cl	0,06	Fl Spur
	100,04	

Der Sauerstoffgehalt beträgt:

bei Kieselsäure	29,79
bei Thonerde und Eisenoxyd	10,02
Eisenoxydul, Manganoxydul, Kalk, Magnesia, Alkalien	4,20

somit ist der Sauerstoffquotient $\frac{4{,}20 + 10{,}02}{29{,}79} = 0{,}477$

Schwintel.

Wie das Zwillingspaar Staufen—Gennersbohl südlich dem Hohentwiel entspricht, so correspondiren als nördliches Ende der Ausbruchsspalte die Nachharberge Mägdeberg und Schwintel dem Hohenkrähen. Merkwürdigerweise finden wir jedoch gerade umgekehrt zwischen den Gesteinen von Staufen, Gennersbohl und Hohenkrähen einerseits, sowie Mägdeberg, Schwintel, Hohentwiel anderseits viel mehr Verwandtschaft und Aehnlichkeit, namentlich im ganzen petrographischen Habitus als umgekehrt.

Der sogenannte „Schwintel" ist ein kegelförmiger Phonolithberg (630 m) ganz nahe bei dem Mägdeberg und jedenfalls gleichzeitig mit ihm entstanden, jedoch von geringeren Dimensionen. Sein Gestein ist das dichteste unter allen Hegau-Phonolithen. Es besitzt ein grünlich-graues sehr gleichmässiges Aeussere, porphyrische Ausscheidungen machen sich fast gar nicht bemerkbar, nur hie und da zeigen sich einzelne stecknadelkopfgrosse Hauyne. Die Sanidinleistchen treten ganz zurück und nur im directen Sonnenlichte sieht man in der grünlichen Grundmasse unzählige Feldspathnädelchen flimmern. Sehr häufig sind braune Flecken, die oft mitten im Gesteine, aber auch auf Haarspalten in demselben auftreten. U. d. M. lösen sie sich in ein Gewirre von Augitnädelchen auf. Das mikroscopische Bild zeigt vorherrschend Nephelin, gegen welchen selbst der Sanidin zurücktritt. Die Nepheline sind meist wasserhell und lassen die charakteristische Mikrostructur (Bestäubung) in allen Phasen erkennen. Der Sanidin findet sich oft in Karlshader Zwillingen, tafelförmige Krystalle treten gegen die balkenförmigen Leisten zurück. Plagioklas wurde nicht beobachtet. Der Hauyn kommt hauptsächlich in braunen porphyrischen Einsprenglingen vor. Augit und Hornblende treten sehr vorwiegend auf, zu dem ersteren scheinen im Allgemeinen die kleineren Kryställchen zu gehören, während die grösseren Individuen oft Spaltungsrichtungen zeigen. Apatit kommt in Nädelchen und winzigen Sechsecken vor. Titanit findet sich sporadisch. Die einzelnen Gesteinsbestandtheile sind ziemlich gleichmässig ausgebildet, so dass unter dem Mikroscop die sog. mikrogranitische Structur erscheint. — Das spec. Gewicht wurde zu 2,471 bestimmt.

Phonolith vom Schwintel.

Lösl. 48,13. Unlösl. 51,87

SiO_2	55,91	TiO_2	Spur
Al_2O_3	19,73		
Fe_2O_3	2.73		
FeO	1,36		
MnO (NiCu)	0,46		
CaO	2,39		
MgO	0,75		
Na_2O	7,24	Li_2O	Spur
K_2O	2,13		
H_2O	4,33		
SO_3	0,21		
P_2O_5	0,18		
Cl	0,10	Fl	Spur
CO_2	1,89		
	99,41		

Aus der vorstehenden Analyse ergibt sich der Sauerstoffgehalt von:

Kieselsänre	29,78
Thonerde und Eisenoxyd	9,86
Eisen-Manganoxydul, Kalk, Magnesia, Alkalien	3.62

somit der Sauerstoffquotient $\frac{3{,}62 + 9{,}86}{29{,}78} = 0{,}453$.

Mägdeberg.

Der Mägdeberg, nicht ganz 2000 m vom Hohenkrähen entfernt, ist der stattlichere Berg des Zwillingspaares Schwintel—Mägdeberg. Es ist ein 666 m hoher Kegel mit ziemlich breitflächiger Abstumpfung, ebenfalls von einer Burgruine gekrönt. Der ihn bildende Phonolith wird nirgends von Tufflagern umgeben, erst in einiger Entfernung von dem Massiv des Berges finden sich im Norden und Nordwesten desselben solche von geringer Ausdehnung. Das Gestein ist ungemein dicht und zeigt überhaupt wie jenes des Schwintels viel Aehnlichkeit mit dem Hohentwiel-Phonolith. Die porphyrischen Ausscheidungen sind ganz untergeordnet, lichtblaue nnd grüne Hauyne sowie Sanidine, ab und zu auch ein Hornblendenädelchen oder ein kleiner Titanit. Das im frischen Zustande schwärzlichgrüne Gestein fängt bei

der Verwitterung an, sich zu bräunen. Bei den angegriffenen Varietäten treten einzelne dunklere Partien fleckenartig hervor. Unter dem Mikroscop zeigt sich der Hauyn als der hauptsächlichste porphyrische Einsprengling, er ist namentlich in schön grünen Krystallen stark vertreten; die Farbe erscheint oft zonar vertheilt und die einzelnen Krystalle sind oft rings in dunkelgrüne bis schwarze strauchförmige Flecken eingehüllt, die sich bei starker Vergrösserung in ein Gewirr von grünen Augitnädelchen auflösen. Etwas minder häufig als die Hauyne treten die Sanidine in tafelförmigen und balkenförmigen Krystallen auf, letztere sind indess häufiger. Karlsbader Zwillinge sind nicht zu selten, Plagioklase nur sehr spärlich vertreten. Die verhältnissmässig wenigen Einschlüsse bestehen aus Hauyn, Nephelin, Augit, Apatit und Titanit. Der Sanidin tritt in der Grundmasse ganz bedeutend gegen den Nephelin zurück, während dieser seinerseits gar nicht porphyrisch vorkommt. Die meist wasserhellen Nepheline zeichnen sich durch ihre Mikrostructur aus und finden sich zahlreich in typischen Krystallen, so dass dieses Gestein sogar von *Rosenbusch* [1]) besonders zum Studium des Nephelins empfohlen wird. In zersetzten Parthien sind die Nepheline rothbraun gefärbt. Bei starker Vergrösserung (650) zeigt sich, dass diese Farbe von zahlreichen eingelagerten schwarzen undurchsichtigen Pünktchen, Körnchen und Schüppchen (Magnetit) herrührt, um die sich als braune Nebelzone Brauneisenstein lagert. Hie und da bilden unter sich verwachsene Nephelinkrystalle eine scheinbare Glasbasis, in der sich die anderen Gesteinsbestandtheile ausgeschieden haben. Solche Krystallverwachsungen zeigen nur ganz schwache Polarisation, aber bei schiefem Lichte öfters noch deutlich die Umrisse der einzelnen zusammengefritteten Individuen. Die Trennung der zahlreich auftretenden Augit- und Hornblendekrystalle ist nicht ganz leicht. Als Augit fasse ich die schön grasgrünen stark pleochroitischen Kryställchen auf, welche sehr häufig zu Aggregaten verwachsen erscheinen. Zu der Hornblende rechne ich die minder zahlreichen bräunlich-grünen Krystalle ohne ausgesprochenen Pleochroismus, welche meist in einzelnen Individuen vorkommen und auch Spaltungslinien zeigen. Apatitnädelchen finden sich ziemlich häufig, dagegen Magnetit und Titanit nur untergeordnet.

---

[1]) Mikroscopische Physiographie II. S. 214.

Der chemische Nachweis von Zirkonerde in den Phonolithen des Hegaus veranlasste eine genaue Untersuchung der verschiedenen Schliffe auf Zirkon, doch ohne entscheidenden Erfolg. Vielleicht dürfen die kleinen farblosen bis bräunlichen Körnchen von constantem kurzsäuligen Habitus, die sich bei sehr starker Vergrösserung (1000) in den meisten der Hegauer Phonolithe zeigen, dafür angesprochen werden. Am deutlichsten erscheinen sie im Mägdeberger Gestein, wo sie zu kleinen Grnppen vereint vorkommen und dem qnadratischen Systeme anzugehören scheinen. Doch ist selbst die Bestimmung des Krystallsystemes bei der so starken Vergrösserung keine absolut sichere. Inzwischen wnrden zu Würzburg Zirkone im Tuff des benachbarten Philippsbergs entdeckt und dürfte daher die Zirkonerde auch in den Phonolithen des Hegaus nur in Form dieses Minerals vorkommen.

Das spec. Gewicht des frischen Gesteins beträgt: 2,499, es ist demnach das dichteste der Hegauer Phonolithe.

Phonolith vom Mägdeberg.

Lösl. 33,48. Unlösl. 66,22.

$Si O_2$	56,43	hält $Ti O_2$ u. $Zr O_2$
$Al_2 O_3$	20,58	
$Fe_2 O_3$	2,88	
$Fe O$	1,28	
$Mn O$ (Cu, Ni, Zn)	0,66	
$Ca O$	1,45	
$Mg O$	0,28	
$Na_2 O$	8,62	hält $Li_2 O$
$K_2 O$	4,23	
$H_2 O$	2,90	
SO_3	0,22	
$P_2 O_5$	0,06	
Cl	0,07	Fl Spur
	99,58	

Aus der vorstehenden Analyse ergibt sich der Sauerstoffgehalt von:

Kieselsänre	30,08
Thonerde und Eisenoxyd	10,48
Eisen- und Manganoxydul, Kalk, Magnesia, Alkalien	3,90

somit der Sauerstoffqnotient $\frac{3{,}90 + 10{,}48}{30{,}08} = 0{,}478.$

Bei den beschriebenen Phonolithen finden wir alle möglichen Gesteinsvarietäten von der dichten fast homogen erscheinenden Ausbildung des Phonoliths am Schwintel bis zu der porphyrischen jenes vom Hohenkrähen. Alle aber sind ausgezeichnet durch ihren Reichthum an Hauyn. Die Gesteine der einzelnen Fundpunkte unterscheiden sich schon in ihrem äusseren Habitus ziemlich scharf von einander, so dass sogar einzelne Handstücke leicht als von diesem oder jenem Berge abstammend erkannt werden können. Die Phonolithe vom Hohentwiel, Staufen, Schwintel und Mägdeberg stehen als dichte Varietäten den Gesteinen vom Hohenkrähen und Gennersbohl gegenüber, welch' letztere als ächte „Phonolithporphyre" zu betrachten sind. Der Hohentwiel ist seinerseits wieder ausgezeichnet durch seine zahlreichen licht- bis dunkelblauen Hauyne, die sich jedoch nur wenig von dem Gestein selbst abheben, den Staufen-Phonolith charakterisirt sein eigenthümlich kurzklüftiger Bruch, sowie seine grünliche Farbe. Die Phonolithe vom Mägdeberg und Schwintel sind durch ihren Reichthum an Nephelin gut unterschieden, für den letzteren ist auch noch der fast vollständige Mangel porphyrischer Ausscheidungen charakteristisch. Das stärker zersetzte Gestein vom Gennersbohl unterscheidet sich durch sein trachytähnliches Aeussere von dem ihm sonst ähnlichen Hohenkrähen-Phonolith.

Die Analysen der vorstehend beschriebenen Gesteine weichen insofern von denen anderer Phonolithe ab, als darin das Vorkommen von Elementen nachgewiesen ist, die bis jetzt als ihnen fremd galten. Zu ihrer Entdeckung führte die folgende Betrachtung: Die älteren plutonischen Vertreter der Phonolithe sind bekanntlich die Eläolithsyenite, die ihnen mineralogisch und chemisch ganz analog zusammengesetzt sind. So ist z. B. das Zersetzungsmineral des Nephelins im Phonolith wie im Eläolithsyenit der Natrolith. Es ist eine längst bekannte Thatsache, dass sich die Eläolithsyenite durch Reichthum an merkwürdigen Mineralien, den Trägern von seltenen Elementen auszeichnen. Es fragte sich nun, entspricht auch in diesem Punkte der Phonolith seinem sonst chemisch analog zusammengesetzten Vorgänger, führt auch er diese seltenen Mineralien, vor Allem ist auch für ihn, wie für den Eläolithsyenit (Foyait, Zirkonsyenit) ein Gehalt an Zirkon charakteristisch? Mikroscopisch lässt sich diese Frage für die Phonolithe des Hegaus wohl kaum direkt lösen, denn man muss,

selbst die Anwesenheit der betreffenden Mineralien vorausgesetzt, doch annehmen, dass sie in dem dichten Phonolithe, im Gegensatze zu dem grosskrystallinischen Eläolithsyenit als Mikrolithen vorhanden und als solche wohl kaum sicher zu identificiren sein möchten. Wir haben nun in der That bei der Durchmusterung der Dünnschliffe einzelne mikrolithische Mineralien gefunden — besonders deutlich im Mägdeberger Gestein (s. ob.) — welche für Zirkone angesprochen werden möchten, doch sind sie nicht charakteristisch genug, um vollkommene Sicherheit zu gewähren. Zirkone im Phonolith von Poppenhausen (Rhön) und Heldburg bei Coburg sind schon durch *Sandberger* und *Blum* beschrieben worden, auch fand sie Hr. *H. Thürach* im Phonolithtuff von Schackau (Rhön) und wie oben erwähnt in dem des Philippsbergs im Hegau. Für die Hegau-Phonolithe selbst konnte aber nur die chemische Untersuchung zum Ziele führen. Desshalb beschäftigte ich mich auf Anregung des Hrn. Prof. *Stelzner* in Freiberg längere Zeit damit im Universitätslaboratorium des Hrn. Prof. *Knop* in Leipzig. Die Untersuchungen wurden in dem gut eingerichteten Laboratorium der Schwarzenberger Hütte zu Ende geführt. Um die angeregte Frage zur Entscheidung zu bringen, war es nöthig, ungewöhnlich grosse Quantitäten in Untersuchung zu nehmen, wesshalb man hoffen durfte, dass sich auch noch andere interessante Resultate ergeben würden und in der That wurde ausser der Zirkonerde noch eine Anzahl anderer Stoffe entdeckt, deren Constatirung zum Theil sehr überraschte.

Die Phonolithe sind bekanntlich ein Gemenge von in Salzsäure löslichen und unlöslichen Silicaten und zwar bestehen unsere Hegauer Gesteine aus den löslichen: Hauyn, Nephelin, Magnetit, Titanit und Apatit, dem z. Th. löslichen Plagioklas und Glimmer und den unlöslichen Sanidin, Hornblende und Augit. Die Kieselsäure und Thonerde des löslichen Theils stammen sicher aus dem Hauyn und Nephelin, Natron und Kali ebendaher, Hauyn ist zugleich der Träger der Schwefelsäure, zusammen mit Nephelin, Apatit und Titanit der des Kalkes und mit Apatit der des Chlors. Der Wassergehalt rührt meist von zersetztem Hauyn und Nephelin her, Eisenoxyd und Oxydul stammen hauptsächlich aus dem Magnetit, das Manganoxydul wohl ebenfalls, die Magnesia wohl aus Glimmer, vielleicht auch zum Theil aus der Hornblende, aus welcher sie durch sehr langes Digeriren mit

Säure extrahirt worden sein kann. Die Phosphorsäure rührt vom Apatit her, ebenso derjenige Theil des Fluors, der nicht schon beim blossen Glühen entweicht, sondern durch Aufschliessen mit Phosphorsalz ausgetrieben werden muss. Kieselsäure und Thonerde des unlöslichen Theiles stammen gemeinschaftlich aus sämmtlichen denselben zusammensetzenden Mineralien, Eisen-Oxyd und Oxydul, sowie Kalk, Magnesia und ein Theil des Natrons sind in der Hornblende und dem Augite enthalten, der Rest des Natrons, sowie das Kali rühren vom Sanidin her. Derjenige Theil des Fluors, welcher schon beim blossen Glühen entweicht, stammt aus dem Glimmer und der Hornblende; in der des Hohenkrähens z. B. wurde es direkt nachgewiesen. Es wäre noch die Frage zu erledigen, in welcher Form die seltenen Erden sich in den Phonolithen vorfinden, ob sie nur unwesentliche Bestandtheile einzelner Mineralien z. B. der Titanite, oder als selbstständige Mineralien (z. B. als Zirkon, Orthit) aufzufassen sind. Für die erstere Annahme spricht die bekannte Thatsache, dass manche Titanite Yttererde u. s. w. enthalten, ferner dass sich solche in Spuren auch im löslichen Theile findet; nach Analogie der Eläolithsyenite ist es jedoch wahrscheinlicher, dass diese seltenen Erden als Mikrolithe, entsprechend den seltenen Mineralien im grosskrystallinischen Eläolithsyenit, auftreten. Mikroscopisch liess sich, wie schon oben mitgetheilt, diese Frage für die Phonolithe des Hegaus nicht lösen, doch widerspricht die mikroscopische Analyse einer solchen Annahme wenigstens nicht. Höchst wahrscheinlich ist es übrigens, dass beide Arten des Vorkommens auftreten und dass aus dem die seltenen Erden haltenden Magma dieselben sich sowohl als selbstständige Mineralien, Mikrolithe, als auch in Vertretung von anderen im Titanite ausschieden, namentlich ist letzteres für die Yttererde wahrscheinlich.

Die vorliegenden Untersuchungen sind, ohne dies von vornherein zu beabsichtigen, auch ein kleiner Beitrag zu der von *Fr. Sandberger* nachgewiesenen weiten Verbreitung von Schwermetallen in kleinen Mengen geworden. Schon bei einigen älteren Phonolith-Analysen wird Kupfer in Spuren angegeben und es ist sehr leicht erklärlich, warum gerade dieses Metall nicht übersehen wurde. Da beim gewöhnlichen Verlauf der Silicatanalyse die Lösung nach Abscheidung der Kieselsäure nicht mit Schwefelwasserstoff behandelt wurde, so übersah man die Schwermetalle, die dann zum grössten Theil mit der Thonerde und dem Eisen-

oxyd niederfielen und gewogen wurden. Das Kupfer ging dabei aber als Kupferoxydammoniak in Lösung und verrieth sich durch seine blaue Farbe. So wurde z. B. in dem Phonolith von Salzhausen in Hessen 0,27 CuO, in dem von Wisterschan bei Teplitz 0,01 CuO gefunden.

Genauere Untersuchungen der Hegauer Gesteine (und anderer Phonolithe) zeigten, dass ausser Kupfer noch Blei, Antimon, Zinn, Nickel, Zink vorhanden waren, ebenso, aber untergeordnet, hier und da Arsen und Kobalt. Die Methoden, nach denen diese Metalle bestimmt wurden, sind weiter unten eingehender beschrieben. Sie finden sich sowohl im löslichen als im unlöslichen Theil, im ersteren vorwiegend Kupfer. Man kann mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, dass dieselben zum Theil andere Oxyde im Magneteisen substituiren, zum Theil an Kieselsäure gebundene Bestandtheile der Hornblenden und Augite seien, zumal schon *Sandberger* in diesen Mineralien ihre weite Verbreitung nachwies. Die Analyse des Hohenkrähener Amphibols bestätigt diese Annahme, da in demselben die gleichen Schwermetalle, wie in dem ganzen Phonolith, aber in bedeutend grösserer Quantität nachgewiesen wurden. *Sandberger* nimmt bekanntlich an, dass die auf Haarspalten circulirenden kohlensäurehaltigen Wässer diese kleinen Quantitäten von Schwermetallen in Lösung überführen und auf Gangspalten absetzen können. Da nun die Natrolithgänge bei den Hegauer Gesteinen unverkennbar Auslaugungsgänge im Phonolith sind, so lag es nahe, dieselben ebenfalls auf einen Gehalt an Schwermetallen zu untersuchen. Die oben angeführten Analysen gaben ein positives Resultat und es ist demnach dadurch bewiesen, dass sich solche Vorgänge, wie sie *Sandberger* seiner Lateralsecretionstheorie zu Grunde legt, auch im Phonolith des Hegaus vollziehen. Eine bedeutende Anreicherung der Klüfte an Metallen hat allerdings in unserem Falle nicht stattgefunden, doch ist zu bedenken, dass bei diesen Gangbildungen die Zeolithe stets die jüngsten Elemente sind und dass also vor ihrer Entstehung schon ein Theil der Schwermetalle fortgeführt werden konnte, wie sie auch schon an und für sich keinen günstigen Träger für Schwermetalle bilden. Einen weiteren Beweis dafür, dass letztere in der That aus der Gesteinsmasse extrahirt werden können, bietet der Umstand, dass der zersetzte Phonolith, welcher sich in unmittelbarer Nähe der Natrolithgänge vorfindet und unverkennbare Zeichen von Auslaugung erkennen lässt, sehr arm

Digitized by Google

an Schwermetallen ist; eine Bestimmung derselben ergab nur 0,04% Cu (Pb, Sb, Sn).

Die angewandten analytischen Methoden waren die bekannten. Das Gestein wurde mit Salz- und Salpetersäure in der Wärme behandelt, die lösliche Kieselsäure mit Natriumcarbonat extrahirt und der unlösliche Rückstand gewogen und dann mit Natriumkaliumcarbonat anfgeschlossen, resp. zur Bestimmung der Alkalien mit Fluorwasserstoffsäure behandelt Eisenoxydul wurde entweder in der zugeschmolzenen Glasröhre oder durch Lösen des Gesteins in Fluorwasserstoffsäure unter Einleiten von Kohlensäure bestimmt, das Oxydul des löslichen Theiles durch Zersetzen des Phonoliths mit Schwefelsäure unter Zugabe eines Carbonats im Ventilkolben und nachheriges Austitriren mit Kaliumpermanganat. Zur Bestimmnng der TiO_2 wurden die gewogenen SiO_2- und Al_2O_3-Mengen im Platintiegel zusammen mit saurem schwefelsaurem Kali aufgeschlossen. Kalk wurde als Oxalat, Magnesia als Pyrophosphat, Mangan als Schwefelmangan, Chlor als Chlorsilber, Schwefelsäure als Baryumsulfat (aus schwach salzsaurer Lösung), Phosphorsäure als Molybdänsalz und schliesslich als Magnesiumpyrophosphat bestimmt. Zur Bestimmung der Alkalien diente neben den gewöhnlichen Methoden die neuere von *Knop*, die auch sehr zufriedenstellend mit den andern übereinstimmende Resultate ergab. Baryum und Strontium wurden spectralanalytisch in dem gewogenen Aetzkalk nachgewiesen, ebenso das Lithium in den Alkalien. Der Glühverlust bei den einzelnen Analysen ist als Wasser angegeben, dabei ist aber auch die Aufnahme von Sauerstoff bei der etwaigen Verwandlung der vorhandenen Oxydulsalze in oxydische, sowie das entweichende Fluor mit inbegriffen. Der bei den Analysen sich ergebende Mehrbetrag über 100 ist wohl grösstentheils auf Rechnung des Glühverlustes zu schreiben. Das Fluor wurde durch blosses Erhitzen im Glaskölbchen ausgetrieben und durch seine bleichende Wirkung auf Fernambukpapier erkannt, ein Theil verflüchtigte sich erst bei der Zersetzung mit Phosphorsalz. Zum speciellen Nachweis wurden ca. 20 gr Phonolith vom Hohenkrähen im Platintiegel mit Phosphorsalz geglüht und die entweichenden Gase mittelst eines kleinen Bleirohres in Chlorcalciumlösung aufgefangen, der entstandene Niederschlag erwies sich als Fluorcalcium.

Vor der Bestimmung der Schwermetalle wurden alle dazu verwendeten Reagentien mit Schwefelwasserstoff geprüft. Salz-

säure gab dabei direct gewöhnlich keine Trübung oder Niederschlag, wohl aber bei der Verdünnung mit der zehnfachen Quantität Wasser. In die so verdünnte Säure wurde unter gelindem Erwärmen tagelang Schwefelwasserstoff eingeleitet, dann, nachdem eine besondere Probe auch beim Abstumpfen mit Ammoniak und wiederholtem Einleiten keine Trübung mehr zeigte, von dem entstandenen Niederschlage abfiltrirt, resp. mit dem Heber abgezogen und wiederum concentrirt. Auf ähnliche Weise wurde die Salpetersäure gereinigt. Kalium und Natriumcarbonat wurden in verdünnten Lösungen dauernd mit Schwefelwasserstoff behandelt und dann längere Zeit unter Einleiten von Kohlensäure gekocht und zur Trockene gebracht, erst das so dargestellte Salz wurde zur Analyse verwandt. Bei dieser selbst wurden 15—20 gr Phonolithpulver (bei der qualitativen Prüfung ca. 50 gr) in der bedeckten Platinschale in der Muffel aufgeschlossen, sodann mit der gereinigten Salzsäure unter Zusatz von etwas gereinigter Salpetersäure zersetzt, die ganz concentrirte stark saure Lösung längere Zeit in der Wärme digerirt und schliesslich wiederholt zur Trockene gebracht, dann wieder in Salzsäure gelöst, bis alle Salpetersäure ausgetrieben war. Sodann wurde die Kieselsäure auf bekannte Art unlöslich gemacht und abfiltrirt. Die stark auf ca. 5 Liter verdünnte Lösung wurde nach eventueller Abstumpfung eines zu grossen Ueberschusses von freier Säure mit Natriumcarbonat auf ca. 60° erwärmt und Tage lang der Einwirkung von Schwefelwasserstoff ausgesetzt. Die grosse Verdünnung der Lösung und die lange Einwirkungsdauer des Schwefelwasserstoffgases sind unumgängliche Bedingungen der vollständigen Ausfällung der Schwermetalle, da z. B. das Blei mit den Chloriden des Natriums, Calciums u. s. w., wenn letztere in bedeutendem Ueberschusse vorhanden sind, leicht lösliche, durch Schwefelwasserstoff kaum zersetzbare Doppelsalze bildet. So kann beispielsweise Blei in einer concentrirten Lösung von Bleisulfat in Chlorcalcium, Chlormagnesium oder Chlornatrium durch Schwefelwasserstoff kaum nachgewiesen werden. Nach dem Absetzen der Schwefelmetalle wird die Flüssigkeit mit dem Heber klar abgezogen, der Rest durch ein gewogenes, bei 100° getrocknetes Filter abfiltrirt und mit ganz schwach salzsaurem Schwefelwasserstoffwasser ausgewaschen, bei 100° bis zur Gewichtsconstanz getrocknet und gewogen. Sodann wird es mit Soda und wenig Salpeter geschmolzen, der Schwefel so in Schwefel-

säure übergeführt und als Baryumsulfat gewogen. Das Gewicht des so erhaltenen Schwefels von dem der Sulfide abgezogen, gibt die Menge der reinen Metalle. Znr qualitativen Untersuchung der erhaltenen Sulfide wurden ca. 50 gr Phonolith auf die beschriebene Weise behandelt und die erhaltenen Sulfide vor dem Löthrohr weiter geprüft. Kupfer wurde in der Phosphorsalzperle sowie als Chlorkupfer nachgewiesen, Blei durch den Beschlag auf Kohle, und als Sulfat, Zinn durch den Beschlag und seine Reductionserscheinungen in der Phosphorsalzperle, Antimon durch den Beschlag und den schwarzen Fleck mit Zink und Salzsäure auf Platinblech, Arsen als Spiegel. — Aus der von den in saurer Lösung durch Schwefelwasserstoff fällbaren Sulfiden befreiten Flüssigkeit wurde der überschüssige Schwefelwasserstoff durch Kochen ausgetrieben, mit Salpetersäure oxydirt, mit Ammon wiederholt gefällt und das Mangan mit den Metallen dieser Gruppe nach dreitägiger Einwirkung durch farbloses Schwefelammonium gefällt und auf bekannte Weise im Wasserstoffstrom im *Rose*'schen Tiegel als Mangansulfid bestimmt. In dem Niederschlage wurde Zink durch seine Löthrohrreaktion auf Kohle, Nickel und Kobalt durch ihr Verhalten in der Phosphorsalz- und Boraxperle nachgewiesen. Das Ganze wurde sodann als Manganoxydul berechnet.

Es fehlte bisher eine Methode, um die seltenen Erden stets sicher im Gange der Analyse nachzuweisen und so mag es leicht sein, dass dieselben in geringer Quantität eine grössere Verbreitung besitzen, als wir gewöhnlich annehmen. Dafür spricht auch u. A. dass z. B. *A. Cossa* Ceroxyde im cararischen Marmor und Muschelkalk, und *Mayencou* solche in Eisensteinnieren von St. Etienne nachwies. Da nun aus petrographischen Gründen, der Analogie mit dem Eläolithsyenit, die Vermuthung nahe lag, dass auch im Phonolith seltene Erden, wenn auch nur in Spuren vorhanden seien, so beschäftigte sich der Verfasser seit geraumer Zeit speciell mit der Untersuchung der Phonolithe auf solche. Es handelte sich vor Allem darum, eine brauchbare Methode zur Nachweisung derselben in Silicaten festzustellen. Das Studium der schon vorhandenen Methoden erwies sich als ergebnisslos. Die geringe Zahl der überhaupt veröffentlichten Methoden war nur für bestimmte Fälle tauglich, und für die Analyse eines Silicats mit ganz geringen Mengen seltener Erden nicht anwendbar. Nach vielen Versuchen wurde die hier näher besprochene Methode als die am

raschesten und sichersten zum Ziele führende erkannt. Nebenbei hat sie noch die Annehmlichkeit, sich dem gewöhnlichen Gange einer Silicatanalyse möglichst anzupassen, so dass auch die anderen Bestandtheile im Laufe der Untersuchung festgestellt werden können. Das auf seltene Erden zu untersuchende Silicat wird mit der 6—8 fachen Menge Natriumkaliumcarbonat im Platintiegel über dem Gebläse aufgeschlossen. Handelt es sich um den Nachweis von Spuren seltener Erden, so ist ein grösseres Quantum, 50—100 gr, anzuwenden, dessen Aufschliessung am besten im Muffelofen in einer bedeckten Platinschale gelingt. Man gebraucht dabei die Vorsicht, die Schale in den noch kalten eben erst angeheizten Ofen zu stellen, um so durch die allmähliche Erhitzung die Kohlensäure langsam auszutreiben, ohne ein Ueberschäumen befürchten zu müssen.

Die aufgeschlossene Masse wird mit viel Wasser wiederholt ausgekocht und zwar unter Zusatz von Natriumcarbonat. Dabei geht der allergrösste Theil der Kieselsäure als Natriumsilicat in Lösung. Die Flüssigkeit muss längere Zeit im Kochen erhalten werden, da sonst Beryllerde und Zirkonerde gleichfalls in Lösung gehen können. Letztere kann ausser dem Natriumsilicat noch Chromsäure, Vanadinsäure, Mangan-, Wolfram-, Molybdän-, Selen-, Schwefel- und Phosphorsäure enthalten. Sie wird von dem Niederschlage abfiltrirt und eventuell auf jene Körper geprüft. Der mit heissem Wasser ausgewaschene Rückstand wird längere Zeit mit rauchender Salzsäure unter Zusatz von einigen Kubikcentimetern Alcohol behandelt, wobei der grössere Theil in Lösung geht. Die zurückbleibende Kieselsäure wird, ohne vorher zur Trockene zu bringen, durch ein doppeltes Filter abfiltrirt, mit Fluorwasserstoffsäure behandelt und auf Niob- und Tantalsäure geprüft. Die von der Kieselsäure abfiltrirte Flüssigkeit wird dem gewöhnlichen Gange der Analyse unterworfen und zuerst durch Schwefelwasserstoff ausgefällt. Das Filtrat wird mit etwas Salpetersäure oxydirt, mit Ammoniak gefällt, nachdem die freie Säure so viel als möglich verflüchtigt worden ist, um keine grossen Quantitäten von Ammonsalzen in der Flüssigkeit anzuhäufen. Das Filtrat wird, wie gewöhnlich mit Schwefelammonium etc. weiter behandelt. Der Ammoniakniederschlag enthält neben Thonerde und Eisenoxyd die seltenen Erden und Titansäure. Er wird mit heissem Wasser gut ausgewaschen und dann zur Trockene gebracht und geglüht, ein etwaiger Rückstand dabei ist auf

Digitized by Google

Yttererde zu prüfen, da sich diese in Salmiak löst. Der gut ausgewaschene Ammonniederschlag wird längere Zeit mit Kalilauge digerirt, dabei gehen Thonerde, Beryllerde und Chromoxyd in Lösung, Eisenoxyd bleibt mit den Ceroxyden, Zirkonerde, Yttererde, Titansäure zurück. Thonerde und Beryllerde werden auf bekannte Weise getrennt. Der Rückstand wird in der Kälte längere Zeit mit Ammoncarbonat digerirt. Dabei gehen die seltenen Erden und Titansäure in Lösung, Eisenoxyd (und etwas Thonerde) bleiben zurück, der Rückstand wird mit Essigsäure behandelt und mit Jod auf Lanthan geprüft. Die Ammoniumcarbonatlösung wird andauernd gekocht, dabei fallen die Ceroyde, Zirkonerde und Titansäure, Yttererde und Erbinerde aus. Der Niederschlag wird nun in wenig Schwefelsäure gelöst, mit Kalilauge fast neutralisirt und durch einige Krystallrinden von Kaliumsulfat gefällt. Dabei gehen Yttrium und Erbium in Lösung und werden durch Kalilauge als Hydroxyde gefällt. Die in Kaliumsulfat unlöslichen Doppelsalze von Cer, Zirkon, Thor werden mit Salzsäure in der Kälte behandelt und so Zirkonerde nebst etwas Titansäure in Lösung gebracht. Diese salzsaure Solution wird mit Zink reducirt und mit Curcumapapier auf Zirkonerde geprüft. Das Papier bräunt sich beim Trocknen, muss aber vor in der Laboratoriumsluft etwa vorhandenen Ammonsalzen geschützt werden. Die Reduktion der Titansäure muss mit grosser Sorgfalt (im Ventilkolben) ausgeführt werden, um Täuschungen zu entgehen. Zur speziellen Prüfung auf Cer dient die *Poppe*'sche Reaktion mit Salpetersäure und Bleihyperoxyd, entsteht dabei violete Färbung von Uebermangansäure, so filtrirt man wiederholt durch ein trockenes Filter und zerstört so die Uebermangansäure. Selbst die geringsten Spuren von Ceroxyd verrathen sich noch durch die gelbliche Färbung der Flüssigkeit, die besonders deutlich hervortritt, wenn man von oben in das Reagenzglas sieht. Man thut gut, zur Controle eine Quantität Bleihyperoxyd mit Salpetersäure allein zu erhitzen, um das Filtrat mit der Ceroxydlösung zu vergleichen.

Statt des oben beschriebenen Verfahrens führt auch der folgende Weg leicht zum Ziel. Der gut ausgewaschene Ammonniederschlag wird mit Oxalsäure digerirt, dabei gehen Eisenoxydul, Thonerde und Beryllerde in Lösung, die seltenen Erden bleiben mit Titansäure gemengt zurück. Durch anhaltendes Digeriren mit Ammoniumoxalat geht die Zirkonerde (nebst Titan-

säure) in Lösung, sie wird nach dem Verdampfen der Solution, Behandeln mit Schwefelsäure und Zink durch die Bräunung von Curcumapapier nachgewiesen. Die in Ammoniakoxalat unlöslichen Oxalate des Cers, Yttriums und der Thonerde werden durch Glühen in Oxyde übergeführt, wie oben beschrieben, durch Kalinmsulfat getrennt und dann durch Specialreactionen festgestellt. Es ist überhaupt nothwendig, dass sämmtliche seltene Erden, seien sie auf die eine oder andere Weise isolirt, noch dnrch Einzelreactionen geprüft werden, um jeder etwaigen Täuschung, die namentlich durch im Ueberschusse vorhandene Titansäure hervorgernfen werden kann, zu entgehen.

Die Aufgaben der anatomischen Institute.

Eine Rede gehalten bei der Eröffnung der neuen Anatomie in Würzburg am 3. November 1883.

Von

A. KÖLLIKER.

Hochgeehrte Versammlung!

Die Eröffnung einer neuen Universitätsanstalt legt von selbst die Frage nahe, ob die Errichtung derselben auch gerechtfertigt war und welchen Anforderungen ein solches Institut zu entsprechen habe. Auf die erste Frage näher einzugehen, kann ich wohl füglich unterlassen, da die grosse Mehrzahl von Ihnen und auf jeden Fall alle meine Collegen der medicinischen Facultät, sowie die jüngeren Commilitonen fast alle, die Unzulänglichkeit der bisherigen Räume aus eigener Erfahrung kennen; dagegen möchte eine Darlegung dessen, was die neue Anstalt zu leisten haben wird, eine würdige Aufgabe für eine solche Feier sein.

Die Wissenschaft der Anatomie ist von kleinen Anfängen nach und nach zu einem mächtigen Baue emporgewachsen, der in seinen vielen Räumen reichen und mannigfach verschiedenen Inhalt birgt. Im Mittelalter, bei *Vesal* und *Eustachio*, nichts als eine planmässige Beschreibung der Organe des Erwachsenen darstellend, schlossen sich schon sehr früh durch *Fabricius*, *Malpighi* und *Harvey* embryologische, durch *Volcher Coiter*, *Fabricius*, *Malpighi* und *Swammerdam* vergleichend anatomische, durch *Gessner*, *Rondelet* und *Aldrovandi* zoologische, durch *Malpighi* und *Leeuwenhoek* mikroskopische und später durch *Morgagni* auch pathologisch-anatomische Schilderungen an, doch blieb auch diese, über ein immer weiteres Gebiet sich erstreckende Morphologie lange Zeit nur Stückwerk und vermochte nicht über eine mehr oder minder vollständige Sammlung von Thatsachen sich zu erheben. Erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts trat in dieser Beziehung eine Wendung ein und muss *C. Fr. Wolff* als der Gelehrte bezeichnet werden, der zuerst über die empirische Forschung sich erhob und die

Ergründung allgemeiner morphologischer Gesetze auf seine Fahne schrieb. In der That finden sich in seiner Theoria generationis und der Abhandlung über die Entwicklung des Darmkanales zum ersten Male wichtige allgemeine Fragen über die Entstehung der pflanzlichen und thierischen Hauptorgane mit Glück erörtert und wird von *Wolff* selbst die Beschaffenheit der einfachsten Formtheilchen der Organismen ins Auge gefasst. Diesen Anregungen folgend begannen am Ende des vorigen und am Anfange unseres Jahrhunderts viele Forscher, unter denen wir nur *Lamarck*, *Meckel*, *E. Geoffroy St. Hilaire*, *Cuvier*, *Bichat*, *Oken*, *Döllinger*, *Burdach* nennen wollen, ihre Blicke auf allgemeine Fragen zu lenken und brach sich schliesslich immer mehr die Ueberzeugung Bahn, dass die morphologische Betrachtung der Organismen, ebenso wie das Studium der anorganischen Natur, sich nicht mit der wenn auch noch so genauen Ergründung der einzelnen Thatsachen begnügen könne, sondern als letztes Endziel die Ableitung allgemeiner Bildungsgesetze anzustreben habe. Seit dieser Zeit ist diese Richtung nach und nach, namentlich seit *K. E. v. Baer*, *J. Müller* und *Schwann* dieselbe im Gebiete der Anatomie der Thiere mit so viel Glück vertraten, zur alleinherrschenden geworden und schwindet das Häuflein der Forscher immer mehr, die die Morphologie noch im alten Sinne betreiben. Als edelste Blüthe des neuen Lebens, das die Wissenschaft durchdrang, entfaltete sich endlich in unsern Tagen die Descendenzlehre oder die Lehre von den Entstehungsgesetzen der gesammten organischen Natur, die in *Carl Nägeli* und vor Allem in *Darwin* so glänzend ihre erste Begründung fand.

An diese morphologischen Studien über den Menschen und die Thiere schlossen sich sehr früh auch Untersuchungen über die Lebensvorgänge und im natürlichen Zusammenhange mit diesen auch solche über die chemischen Verhältnisse an. So entstand allmälig eine Wissenschaft, die den thierischen Organismus als Ganzes auffasste und am zweckmässigten Biologie oder die Lehre von den gesammten Lebensvorgängen genannt wird.

Die weitere Frage ist nun die, in welchem Umfange und in welcher Weise hat der Anatom an der Begründung dieser Lehre mitzuwirken.

Fassen wir zunächst das erste ins Auge, so könnte es, da Form, Chemismus und Funktion in jedem Organismus im innigsten Verbande

stehen, auch für die thierischen Organismen als das Zweckmässigste erscheinen, die gesammte Biologie derselben im Zusammenhange zu behandeln und diese Wissenschaft Einem Lehrer anzuvertrauen, in derselben Weise, wie der Botaniker nicht nur die Morphologie der Pflanze im weitesten Sinne, d. h. die Lehre von den äusseren Formen, die Anatomie der Elementartheile und Organe und die Entwicklungsgeschichte, sondern auch die Physiologie und Phytochemie vertritt. Es hat sich jedoch ein solches Vorgehen als gänzlich undurchführbar erwiesen und zwar aus folgenden Gründen.

In erster Linie ist das Thierreich, ganz abgesehen von der Zahl der Formen, doch in viel mannigfacheren Abstufungen ausgebildet als das Pflanzenreich und in der innern Organisation und in den Lebensvorgängen so verwickelt, dass es die Kräfte eines jeden Einzelnen übersteigen würde, dasselbe in allen seinen Aeusserungen zu beherrschen und zu erkennen. Hiezu kommt als zweites Hauptmoment das, dass die höchste Form desselben, der Mensch, eine ganz hervorragende, und, wie man wohl sagen kann, exceptionelle Stellung einnimmt und mit Recht beanspruchen kann, zum Gegenstande ganz besonderer einlässlicher Studien gemacht zu werden. So ist es begreiflich, dass die Biologie der thierischen Organismen zu einer Theilung der Arbeit gelangt ist, von der die Botanik nichts Aehnliches aufzuweisen hat. Denn wenn auch hier einzelne Gebiete eine besondere Behandlung finden, so stellen doch die Botanik für Mediciner, die Agricultur-, Horticultur- und Forstbotanik nicht besondere Theile der gesammten Pflanzenlehre, sondern nur kleinere Abschnitte derselben, vor Allem der Systematik dar.

Dem Gesagten zufolge wird im Gebiete der Biologie der Thiere Alles, was sich auf die Lebensverhältnisse des Menschen bezieht, in besonderen Lehrvorträgen docirt und findet sich durch eigene Lehrer und eine besondere Facultät vertreten. Dieser Einen Wissenschaft vom Menschen steht nun aber nicht einfach die Biologie der Thiere entgegen, vielmehr ist auch hier aus Zweckmässigkeitsrücksichten eine mehrfache Gliederung entstanden. Einmal finden wir in diesem Gebiete als besondere umfassende Disciplinen:

a) die Zoologie oder die Lehre von den unterscheidenden Merkmalen der Thiere und der Classification derselben oder dem zoologischen Systeme und

b) die Biologie der Thiere im engeren Sinne mit ihren Unterabtheilungen, der vergleichenden Anatomie, Histologie und Embryologie, sowie der vergleichenden Physiologie.

Ausserdem ergibt sich hier zweitens noch ein besonderes Specialfach, die Biologie der Hausthiere, die als Theil der Thierheilknnde eine ähnliche Stellung einnimmt, wie die Anatomie und Physiologie des Menschen zur Medicin.

Diese Abzweigungen der Einen grossen Wissenschaft von den Lebenserscheinungen der thierischen Organismen, die, wenn auch leicht begreiflich, doch von einem umfassenderen Gesichtspunkte aus eigentlich nicht als gerechtfertigt erscheinen, haben nun zu einem Zwiespalte geführt, an dem unsere Universitätseinrichtungen gerade jetzt leiden und aus dem sie nur schwer zu einer naturgemässen und befriedigenden Lösung sich emporzuarbeiten vermögen, und zwar dem, dass die Anatomie und Physiologie der Thiere bald mit der menschlichen Biologie, bald mit der Zoologie verbunden sich findet. Einerseits ist die Zoologie von dem Einen Endpunkte, dem der äusseren Charaktere her, der Lehre von der gesammten thierischen Organisation näher getreten und erkennt immer mehr auch diese Seite als ein dringendes Bedürfniss für ihre Forschungen und Deductionen; andererseits vermag aber auch der menschliche Anatom und Physiologe von dem einseitigen, auf den Menschen allein beschränkten Standpunkte aus zu keiner höheren Einsicht und Wahrheit sich zu erheben und fühlen die Vertreter dieser Disciplinen die Nöthigung durch eine vergleichende Umschau ihre Auffassungen zu sichern und zu heben. So sind die Forscher beider Seiten in dem mittleren Gebiete der vergleichenden Biologie zusammengetroffen und haben bald mehr, bald weniger von demselben sich angeeignet.

Stellen wir nun die Frage: Soll die Zoologie allein die vergleichende Anatomie übernehmen, oder besitzt der Anatom hiefür die bessere Berechtigung? so fällt die Antwort nicht schwer und sagen wir einfach: Keiner von Beiden oder Beide. Bei näherer Ueberlegung können wir nämlich weder den einen, noch den andern der einseitigen Standpunkte wie sie an vielen unserer Universitäten sich vertreten finden, für zweckmässig und gerechtfertigt halten und wäre es uns leicht zu zeigen, dass jetzt schon die Macht der naturgemässen Beziehungen stärker gewesen ist, als die gegebenen Verhältnisse und dass Umgestaltungen zu ent-

stehen im Begriffe sind und mehr weniger deutlich sich anbahnen, die zu dem führen werden, was einzig und allein als das Entsprechende erscheint. Und dies ist einfach das, dass die Biologie der Thiere sowohl in der medicinischen Facultät durch den Anatomen und Physiologen, als auch in der philosophischen Facultät durch den Zoologen ihre Vertretung zu finden hat.

In weiterer Ausführung dieses Satzes wollen wir nun zuerst die medicinische Facultät ins Auge fassen, in der vor Allem der Anatom und Physiologe, dann aber auch die Vertreter der pathologischen Anatomie und der allgemeinen Pathologie in Betracht kommen.

Das Studium der menschlichen Morphologie, mag dasselbe nun den Erwachsenen oder den Embryo betreffen, auf die Organe und Systeme oder die Elementartheile [1]) sich beziehen, ist nicht gedenkbar, ohne die verwandten Bildungen der Thiere, vor allem der Vertebraten, mit in Betracht zu ziehen. Nur durch eine umsichtige Rundschau, durch eine allseitige vergleichende Betrachtung wird es dem Anatomen möglich, einen höheren allgemeinen Standpunkt zu gewinnen, der ihm gestattet, mit Erfolg an dem Fortschritte einer ächt wissenschaftlichen Anatomie zu arbeiten und finden wir daher auch, dass schon seit langem alle hervorragenden Lehrer der Anatomie und Physiologie nach dem Vorbilde eines *J. Fr. Meckel*, *Döllinger*, *Rudolphi*, *K. E. v. Baer*, *E. H. Weber*, *J. Müller* und andern auch die vergleichende Anatomie, Histologie und Embryologie, vor Allem der höheren Thiere, in den Kreis ihrer Forschungen aufnahmen, ja wir können unbedingt sagen, dass die genannten comparativen Disciplinen den Medicinern ihre grössten Erfolge verdanken und selbst zum Theil, wie die vergleichende Histologie und Embryo-

[1]) Vor Kurzem hat *Hermann von Meyer* den auffallenden Satz aufgestellt: (Stellung und Aufgabe der Anatomie in der Gegenwart in Biol. Centralbl. 1883 No. 12, S. 358): „dass die Histologie, d. h. die Lehre vom Bau und Leben der Elementartheile, ebensowenig Anatomie sei, als Kenntniss der Baumaterialien Architektur oder hüttenkundige Kenntniss der Metalle Maschinenlehre." Eigenthümliche Baumaterialien das, die ohne Architekten den Organismus allein aufbauen! Anatomie ist und bleibt die Lehre von den Formtheilen der Organismen und den Gesetzen ihrer Entstehung und Umbildungen, mögen diese Formtheile nun von blossem Auge oder nur durch das Mikroskop wahrnehmbar sein. Dagegen ist die Lehre vom Leben der Elementartheile, sofern sich dasselbe nicht auf die Formbildung bezieht, nicht Histologie, sondern ein Theil der Physiologie.

logie, durch sie begründet worden sind. Der Zoologe steht diesen Gebieten ferner, um so mehr als er in der Regel nicht Mediciner ist und in der menschlichen Anatomie nur bis zu einem gewissen Grade orientirt erscheint. Aber auch wenn dies der Fall ist und auch Histologie und Entwicklungsgeschichte sich seiner Theilnahme erfreuen und selbständig von ihm bearbeitet werden, wird er doch bei der übergrossen Fülle des Materiales, das er zu beherrschen hat, kaum im Stande sein, den höheren Geschöpfen eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken und dieselben nach der Seite zu behandeln, welche für den menschlichen Anatomen die wichtigste ist.

In noch viel höherem Grade trifft das eben Gesagte bei einer zweiten Disciplin zu, die, wenn auch erst im Werden begriffen, doch eine reiche Zukunft hat, ich meine die vergleichende Physiologie. Der Initiative der grossen Naturforscher des vorigen Jahrhunderts, eines *Fontana*, *Réaumur* und *Spallanzani* entsprungen, und später vor Allem von der Anatomie, Physiologie und wissenschaftlichen Thierheilkunde gepflegt, verspricht diese Wissenschaft, die bei uns in Würzburg wohl zuerst Gegenstand von akademischen Vorträgen war, bald ein wichtiger Strebepfeiler der menschlichen Physiologie zu sein und wird als unentbehrliches Fach ebenso eine Berücksichtigung und Vertretung an unsern Universitäten finden, wie die vergleichende Anatomie, Histologie und Embryologie. Und dass in diesem Gebiete Mediciner die vorwiegend Berechtigten sind, wird wohl Niemand bezweifeln, dem die Geschichte der Physiologie bekannt ist, die ja ihre wichtigsten Ergebnisse durch Versuche an Thieren gewonnen hat. Eher könnte in Frage kommen, ob der Anatom oder der Physiologe der vergleichenden Physiologie näher steht, indem die Anatomie an dem Aufbaue dieser Wissenschaft einen wesentlichen Antheil genommen hat und die Physiologen häufig, bei vorwiegend physicalisch-chemischer Richtung, anatomischen Forschungen zu fremd gegenüberstanden, um das genannte Gebiet mit Erfolg in ihren Kreis zu ziehen. Auf der andern Seite zeigen aber die glänzenden Leistungen eines *Du Bois-Reymond*, *Brücke*, *Hensen*, *Pflüger*, *Preyer*, *Kühne*, *Engelmann* u. A., dass auch die Physiologie hier einen Ehrenplatz einnimmt und wollen wir daher nur ganz im Allgemeinen andeuten, dass in erster Linie Mitgliedern der medicinischen Facultät die Aufgabe erwachsen wird, das genannte wichtige Fach zu cultiviren, was nur an der Hand vergleichend

anatomischer Studien möglich ist. Mit diesem Ausspruche wollen wir jedoch in keiner Weise besagen, dass nicht auch Zoologen ein Interesse an der vergleichenden Physiologie haben und bei der Ausbildung derselben thätig gewesen sind und nur ausdrücken, dass ihnen diese Disciplin jedenfalls ferner steht als den Medicinern.

Endlich mag noch kurz angedeutet werden, dass selbst der pathologische Anatom und der Pathologe der vergleichenden Anatomie sich nicht zu entschlagen vermögen und dass die vergleichende pathologische Anatomie und die comparative allgemeine Pathologie wesentlich von Seite der Medicin und der Thierheilkunde her ihre Begründung erhielten und eine gedeihliche Fortentwicklung erwarten.

Wenn dem Gesagten zufolge dem Mediciner vor Allem das Studium der höheren Geschöpfe nahe liegt und von dem Zoologen nach dieser Seite weniger erwartet und gefordert werden darf, so besitzt dieser dafür eine Menge anderer Gebiete der Forschung und Gesichtspunkte, die den Anatomen weniger oder gar nicht berühren.

In erster Linie hat die Zoologie die Systematik, d. h. die Lehre von den unterscheidendsn Merkmalen und vor Allem von den äusseren Charakteren der gesammten Thierwelt als Gegenstand der Erkenntniss und der Forschung und wenn man auch von den Vorständen kleinerer Museen, wie sie an den meisten Universitäten bestehen, nicht verlangen kann, dass sie das gesammte Thierreich systematisch bearbeiten, so sind doch auch für sie Specialuntersuchungen über einzelne Abtheilungen durchaus nicht mit grösseren Schwierigkeiten verknüpft und werden auch von fast allen Zoologen ausgeführt, selbst von solchen, die systematischen Arbeiten weniger freundlich gegenüberstehen. Und mit Recht, denn nur der Zoologe, der auf diesem Gebiete thätig war, ist voll berechtigt und befähigt, wissenschaftliche Zoologie zu treiben und zu fördern, welche als das Endziel seiner Forschungen anzusehen ist. Im Anschlusse an die systematischen Arbeiten wird der Zoologe auch der Aufgabe sich nicht zu entziehen vermögen, ein zoologisches Museum zu errichten und in gutem Stande zu erhalten und genügen die Mittel auch der kleinsten Universität, um die Haupttypen der Thierwelt und die Fauna des eigenen Landes zur Darstellung zu bringen. Denn es ist doch nicht zu vergessen, dass unsere Universitäten nicht allein dazu da sind, um die reine Wissenschaft

zu fördern, sondern auch gewissen practischen Zwecken zu dienen haben und in diesem Sinne auch Fachschulen darstellen und nicht nur Academieen. So erwartet der Mediciner vom Zoologen Vorträge und Demonstrationen über die für ihn so wichtigen Entozoen und Parasiten, der Lehramtscandidat, der Nationalökonom, der Forstmann, der Gebildete überhaupt Darstellungen über die Thiere des Landes, ihre Lebensverhältnisse, ihre Nützlichkeit oder Schädlichkeit und manche andere Beziehungen, die sich an dieselben knüpfen. Wir könnten es daher unmöglich billigen, wenn die Vertreter der Zoologie der allerdings mühevollen und nicht immer anziehenden Aufgabe sich entziehen wollten, auch systematische Zoologie zu treiben und, allen practischen Rücksichten aus dem Wege gehend, die Förderung der wissenschaftlichen Zoologie als ihre einzige Aufgabe betrachteten.

Ein ferneres Feld der Thätigkeit bieten dem Zoologen die vorweltlichen Thiere. Und wenn auch Niemand verlangen wird, dass derselbe Palaeontologie in derselben Weise wie der Geologe treibe, so wird doch auch für ihn eine genaue Kenntniss der ausgestorbenen Thierformen nicht zu umgehen sein.

Dass der Zoologe endlich auch der vergleichenden Anatomie mit allen ihren Abtheilungen, der gröberen Anatomie, der Gewebelehre und Entwicklungsgeschichte sowie der vergleichenden Physiologie nicht entrathen kann, haben wir oben schon ausgeführt. Will der Zoologe allen an ihn zu stellenden Forderungen gerecht werden, will er das ungeheure Gebiet der lebenden und ausgestorbenen Thierwelt nach ihren äusseren Charakteren, ihren Lebensbedingungen und ihrer gesammten Organisation erkennen und die allgemeinen Gestaltungsgesetze für dieselbe ableiten, anerkennt derselbe zugleich die Forderung als berechtigt, dass er seine Kenntnisse auch andern nutzbringend zu verwerthen habe, so bleibt ihm offenbar keine Musse, um auch die Seiten speciell zu pflegen, die wir oben als die dem Anatomen und Physiologen näher stehenden bezeichneten, als da sind die vergleichende Anatomie, Histologie und Embryologie der höheren Thiere und die vergleichende Physiologie.

Sind wir in dem bisher Auseinandergesetzten von richtigen Grundsätzen ausgegangen, so ergibt sich von selbst, in welcher Weise die Lehrgegenstände und das Forschungs- und Lehrmaterial auf die medicinische und philosophische Facultät zu vertheilen sind. Erstere anlangend, so werden dem Anatomen und Physio-

logen zufallen einmal alle Vorträge, die sich auf den Menschen beziehen, wie die gröbere Anatomie in allen ihren Abtheilungen, die Anthropologie oder die Lehre von den natürlichen Verhältnissen des Menschengeschlechtes, die Gewebelehre und Entwicklungsgeschichte des Menschen, dann von vergleichend anatomischen Doctrinen Alles, was auf die höheren Geschöpfe Bezug hat und für die Begründung einer wissenschaftlichen Anatomie und Physiologie unumgänglich nöthig ist, somit vor Allem die vergleichende Anatomie und Physiologie der Wirbelthiere, und die comparative Embryologie und Histologie derselben.

Auf der andern Seite wird der Zoologe als Hauptaufgabe haben: die Darstellung der äusseren Charaktere und der Organisation des gesammten Thierreiches, oder das was auch fernerhin Zoologie genannt werden wird, ferner die Entwicklungsgeschichte des gesammten Thierreiches, mit Inbegriff der vorweltlichen Geschöpfe oder die Descendenzlehre. An diese Hauptfächer werden sich anschliessen: vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte vor Allem der Wirbellosen, so wie von practischen Rücksichten gebotene Vorträge, wie Zoologie für Lehramtscandidaten, für Mediciner, Specialcollegien über Parasiten u. s. w. Ist so auch keine ganz scharfe Trennung der beiden Gebiete möglich, so ist doch das, was der medicinischen und philosophischen Facultät zukömmt, in den wichtigsten Punkten hinreichend geschieden. [1])

---

[1]) Bei diesen Erörterungen haben wir einzig und allein das im Auge, was uns als das Zweckmässigste erscheint, doch wollen wir nicht verhehlen, dass die Verhältnisse mancher Universitäten ganz Abweichendes zeigen. Es gibt Anatomen, welche die wissenschaftliche Anatomie, andere die die Histologie und Embryologie vernachlässigen und nur systematische Anatomie treiben, bald mit der Richtung nach der practischen, bald nach der physiologischen Seite, oder selbst ohne solche Beziehungen. Wieder andere beschäftigen sich vorwiegend mit wissenschaftlicher Anatomie und legen auf die practischen Rücksichten wenig Werth. Ebenso gibt es Zoologen, die nur Systematik treiben, und andere, die vorwiegend vergleichende Anatomen oder Histologen oder Embryologen sind. In vielen solchen Fällen entstehen so Mängel im Lehrplane und müssen, wenn nicht die Universitäten Schaden leiden sollen, die Vertreter der morphologischen Disciplinen einander ergänzen und der Physiologe, der pathologische Anatom, der Chirurg und selbst der Palaeontologe eingreifen. Ueberhaupt wird immer, man mag theoretisch die Einrichtungen noch so gut getroffen haben, viel, wo nicht das Meiste, von den

Diesen Ausführungen entsprechend werden auch die betreffenden Sammlungen ihr bestimmtes Gepräge tragen müssen.

Die anatomischen Museen werden zu enthalten haben:

a) Alles was auf den Menschen Bezug hat;

b) in möglichster Vollkommenheit Präparate der höchsten menschenähnlichen Geschöpfe;

c) von den übrigen Wirbelthieren Alles, was für die Erkenntniss der morphologischen Gesetze und für die vergleichende Physiologie von Belang ist, somit vor Allem die Typen der verschiedenen Organisationen. Dagegen werden unwichtigere Variationen vernachlässigt werden können, und in keiner Weise eine Vollständigkeit anzustreben sein, wie sie überhaupt nur in wenigen grossen vergleichend-anatomischen Museen von Hauptstädten (Berlin, Paris, London, Kopenhagen) gefunden und auch von gewöhnlichen zoologischen Museen nicht verlangt wird.

d) Embryologische Präparate von Wirbelthieren in grösster Vollständigkeit.

e) Eine möglichst umfassende Sammlung mikroskopischer Präparate auch von Wirbellosen;

f) Von Wirbellosen: 1) Typen zur Erkenntniss ihres Baues und ihrer Entwicklung; 2) das für vergleichend-histologische Untersuchungen nöthige Material und 3) eine Sammlung der Parasiten des Menschen und der höheren Wirbelthiere, für den Fall, dass die zoologischen Museen dieser Abtheilung nicht die entsprechende Beachtung schenken.

Auf der andern Seite wird der Zoologe bei der Anlage und Vermehrung seines Museums folgende Gesichtspunkte im Auge haben müssen:

Persönlichkeiten abhängen und gelten daher unsere Auseinandersetzungen wesentlich für Fälle, in denen eine Umgestaltung bestehender Einrichtungen oder eine Einführung ganz neuer Anordnungen in Betracht kommt.

Mit unserer Auseinandersetzung über die Bedeutung der vergleichend anatomischen Disciplinen für den menschlichen Anatomen sind in vollem Einklang *W. Turner* (Anatomy as taught in the University of Edinburgh 1867 und Address at the opening of the new anatom departement of the Univ. of Edinburgh 1880), *O. Hertwig* (der anatomische Unterricht 1881), *J. Budge* (die Aufgaben der anatomischen Wissenschaft in der deutschen Revue 1882) und die grosse Mehrzahl der Lehrer der Anatomie an den deutschen Universitäten, wie dies sowohl aus ihren wissenschaftlichen Arbeiten, als aus ihrer Lehrthätigkeit hervorgeht.

a) In erster Linie wird ein solches Museum eine Sammlung der wesentlichsten Thierformen zum Studium ihrer äusseren Charaktere zu enthalten haben und zweitens muss auf jeden Fall in demselben die Fauna des eigenen Landes möglichst vollständig repräsentirt sein.

b) Hat dasselbe auch anatomische, histologische und embryologische Präparate zu enthalten, doch kann der Zoologe das mehr in den Hintergrund treten lassen, was der Anatom speciell zu cultiviren hat, wie die höheren und anthropoiden Wirbelthiere, die Embryologie und Histologie, sowie einzelnes nur physiologisch Belangreiche, und eine grössere Vollständigkeit vor allem bei den wirbellosen Thieren anstreben. Ausserdem wird sein Museum dem, was dasselbe vor allem veranschaulichen soll, nämlich der allmäligen Entwicklung und Umbildung der thierischen Typen ineinander eine besondere Rücksicht angedeihen lassen.

c) Im Gebiete der vorweltlichen Thiere kommen der Zoologe und Geologe zusammen und hat ersterer in seiner palaeontologischen Sammlung vor Allem die wissenschaftliche Vollständigkeit anzustreben.

Hier sowohl, wie noch viel mehr da, wo die Interessen des Anatomen und Zoologen ineinandergreifen, wird Alles darauf ankommen, dass von beiden Seiten das richtige Mass eingehalten werde. Wird dies nicht eingesehen und streng durchgeführt, will etwa der Anatom auch zoologische Interessen in extenso cultiviren, oder der Zoologe in erster Linie Anatom, Histologe und Embryologe sein, und beide ihre Museen nach diesem Gesichtspunkte einrichten, so laufen unsere Universitäten Gefahr, doppelte gleichartige Sammlungen unterhalten zu müssen, was unbedingt als nicht zulässig zu bezeichnen wäre. Eine gewisse Uebereinstimmung der vergleichend anatomischen, histologischen und embryologischen Sammlungen der medicinischen und der philosophischen Facultät ist jedoch in keiner Weise zu vermeiden und ebensowenig von Uebel, wie die Congruenzen zwischen den Sammlungen des Chemikers und Physikers; des Mineralogen, Geologen und Chemikers; des Prof. der Materia medica, des Mineralogen und technischen Chemikers.

Bei den bisherigen Auseinandersetzungen war immer nur von dem Anatomen und Zoologen die Rede. Nun ist aber noch zu bemerken, dass jetzt schon an den meisten Universitäten die

Morphologie des Menschen und der Thiere durch 3 Lehrer vertreten ist und zwar entweder durch zwei Anatomen und einen Zoologen oder durch einen Anatomen, einen vergleichenden Anatomen und einen Zoologen. Und mit Recht, denn das ungeheure Gebiet der Morphologie des Menschen und der Thiere ist für zwei Lehrer viel zu umfangreich. Frägt man, wie die einzelnen Disciplinen dieses Gebietes auf drei Lehrer zu vertheilen seien, so erscheint es uns bei Weitem am zweckmässigsten, zwei menschliche Anatomen und einen Lehrer für die Morphologie der Thiere aufzustellen, weil die menschliche Anatomie, ihrer hohen wissenschaftlichen und practischen Bedeutung halber, mehr Kräfte zu ihrer vollen Beherrschung benöthigt, als die Zoologie. Nach unserer Auffassung hätte dann der eine Anatom neben der systematischen Anatomie, die Beiden zukäme, vorwiegend die wissenschaftliche Seite und somit auch die vergleichend-anatomischen Fächer zu cultiviren, der andere mehr die practischen Beziehungen; doch dürfte Keiner einseitig nur dem Einen oder Andern sich zuwenden. Dem Zoologen drittens käme dann das Gebiet zu, das wir schon oben als das seine bezeichneten.

Den andern, an einigen Universitäten gegebenen Fall, dass ein Anatom, ein vergleichender Anatom und eine Zoologe in das Gebiet der thierischen Morphologie sich theilen, vermögen wir nicht als zweckentsprechend anzuerkennen, indem dann sowohl der Zoologe als auch der Anatom Gefahr laufen, die wissenschaftliche Behandlung ihrer Disciplin zu vernachlässigen und der eine reiner Systematiker, der andere einfach Fachlehrer zu werden.

Drei Professuren der Morphologie werden für die meisten deutschen Hochschulen als genügend erscheinen. Sollte jedoch an den grössten Universitäten das Bedürfniss eines vierten solchen Lehrstuhles sich einstellen, so würden wir diesem die vergleichende Anatomie und Physiologie mit allen Nebengebieten allein übergeben. In diesem Falle hätten der Zoologe und die zwei Anatomen ihre Thätigkeit in diesem Gebiete zu beschränken, d. h. dasselbe nur so weit in ihren Kreis aufzunehmen, als nöthig wäre, um ihren Forschungen und Lehren den wissenschaftlichen Sinn zu wahren.

Es erübrigt nun noch, der Beziehungen der Anatomie zur Physiologie zu gedenken, um so mehr als gerade in unseren Tagen sehr eigenthümliche Auffassungen nach dieser Seite sich geltend machen. Nach *H. v. Meyer*, dem Verfasser des Lehr-

buches der physiologischen Anatomie, ist die Erforschung der Gestalten als solcher beim Menschen fast als erledigt anzusehen [1]) und hat die Anatomie die Aufgabe, den Körper als einen Complex von physiologischen Apparaten aufzufassen und das Verständniss der Formen aus der functionellen Bedeutung der einzelnen Theile herzuleiten (l. s. c.). Neben dieser physiologischen Grundanschauung anerkennt nun allerdings *Meyer* noch eine zweite Methode, die Formen verstehen zu lernen, die er die „genetische Anatomie" nennt, als deren durch die Embryologie und Zootomie zu erreichende Aufgabe er bezeichnet, aus den einfachsten Formen der Organe die entwickelteren durch einseitige Weiterentwicklung und fortschreitende Differenzirung der einzelnen Theile u. s. w. abzuleiten. Auch hier soll übrigens das Verständniss der Organe nur möglich werden, wenn man von der physiologischen Anschauungsweise ausgehe.

In dieser Auseinandersetzung *Meyer*'s vermissen wir ganz und gar das Verständniss dessen, was die Morphologie anzustreben hat. Es ist ja unzweifelhaft, dass die Deutung und die Erkennung der physiologischen Bedeutung der Organe von hohem Werthe ist, sowie dass jedes Organ zu besonderen physiologischen Leistungen in Beziehung steht; eine Betrachtuug der Formtheile von diesem Gesichtspunkte aus nennt man jedoch Physiologie. Die Anatomie dagegen behandelt einzig und allein die Formen und die Gesetze ihrer Entstehung.

Gehen wir von dieser Anschauung aus, so kommen wir zu folgenden Ergebnissen:

Die Formtheile der Organismen, mögen dieselben nun sogenannte Elementartheile oder Organe sein, lassen sich von einem

---

[1]) Dieser Satz kann unmöglich wörtlich gemeint sein, sonst müssten wir, wie schon andere vor uns, daraof aufmerksam machen, wie viel selbst in der sogenannten gröberen Anatomie noch zu thun ist. Die Verbreitung und das genauere Verhalten der Blutgefässe, z. B. im Rückenmark, in den Augen, in den Knochen und an manchen anderen Orten (man denke nur an die Arbeiten von *Braune*, *Langer*, *Zuckerkandl* und *Adamkiewicz*), die Anatomie der Lymphbahnen, die Lagerungsverhältnisse der Brust-, Bauch- und Beckenorgane, die feineren Verästelungen der Kopfnerven, das Auge, das Gehörorgan, die Gelenke u. s. w. sind Gegenstände, die noch lange nicht hinreichend erforscht sind und wenn man erst an die Structur der Organe und die Entwicklungsgeschichte denkt, deren Erforschung ja auch zur Aufgabe der Anatomie gehört, so sieht man leicht, wie viel beim Menschen noch zu thun ist.

doppelten Gesichtspunkte aus besprechen. Einmal als Formtheile an und für sich, wie sie auch im nicht lebenden, aber noch unveränderten Organismus sich finden und zweitens mit Rücksicht auf die Lebensvorgänge, die bei ihrer Entstehung stattfanden. Die erste Betrachtungsweise war, wie wir schon in der Einleitung erwähnten, Jahrhunderte lang die einzig geübte und verdiente die damalige Anatomie in keiner Weise den Namen einer Wissenschaft, indem dieselbe nicht mehr war, als eine mehr oder minder genaue Beschreibung der Bausteine, aus denen die Organismen zusammengesetzt sind. Erst von der Mitte des vorigen Jahrhunderts an begann man die Formtheile als lebende ins Auge zu fassen, ihre Entwicklung und Bildung zu erforschen und den Versuch zu machen, Gesetze für dieselbe aufzustellen, mit anderen Worten, die Anatomie wissenschaftlich zu begründen.

Wie unterscheidet sich nun eine solche wissenschaftliche Anatomie von dem, was man Physiologie zu nennen gewohnt ist? Unserer Meinung nach kann man die erstere definiren als die Lehre von den Formen und den Lebenserscheinungen, die bei der Formbildung und Gestaltung der Organismen stattfinden und die Physiologie als die Wissenschaft von den Functionen der gebildeten Formtheile, mögen dieselben ganz entwickelte sein oder nicht. So gehört die Lehre von der Entstehung und Vermehrung der Zellen, sowie von der Bildnng der höheren Elementartheile, ferner die Darlegung der ersten Entstehung des Embryo bis zur Vollendung aller Organe, endlich der Nachweis von der Entstehung und Umbildung der Organismen in einander oder die Descendenzlehre in die wissenschaftliche Anatomie. Die Physiologie dagegen beschäftigt sich mit den Bewegungserscheinungen gröberer und feinerer Art, die gebildete Elementartheile, wie Zellen, Wimperhaare, Samenfäden, Muskelfasern, Nervenzellen und Nervenfasern zeigen, sowie mit den Functionen der Organe des Embryo und des Erwachsenen, als da sind: Ernährung, Stoffwechsel, Kreislauf, Absonderung u. s. w.

Hier ist übrigens noch etwas anderes Wichtiges zu beachten. Einmal, dass die Gestaltung des Organismus und seiner Theile nicht nur direct vom Wachsthume, der Vermehrung und Umgestaltung seiner Formtheile abhängt, sondern dass auch manche an und für sich nicht formative Functionen einen Ein-

fluss auf dieselbe haben und zweitens dass bei der formbildenden Thätigkeit der Elementartheile Functionen mit im Spiele sind, die auch den fertigen Theilen zukommen. In diese Kategorie gehören der Stoffwechsel und die Bewegungserscheinungen bei sich vermehrenden und wachsenden Elementartheilen und was das erste anlangt, so gibt es viele Beispiele von Functionen fertiger Theile, die gestaltend wirken. So beeinflusst die Thätigkeit der Muskeln durch Zug und Druck die Gestaltung der Knochen und Gelenke, die Herzthätigkeit die Dicke der Gefässwandungen, die Athmungsvorgänge die Grösse der Lungen und die Gestalt der Thorax, u. s. w. — Alle diese und viele andere mit physiologischen Vorgängen verbundene bleibende Gestaltänderungen gehören ebenfalls in das Gebiet der wissenschaftlichen Anatomie.

Trotz dieses Ineinandergreifens der formbildenden und anderweitiger Lebensvorgänge lässt sich immerhin eine gute Grenze zwischen der Physiologie und der wissenschaftlichen Anatomie ziehen und hat letztere, wenn auch dem Physiologen unentbehrlich, doch keineswegs, wie *H. v. Meyer* meint, die Aufgabe, das Verständniss der Formtheile aus ihren Functionen abzuleiten. Wenn nichts desto weniger in der Anatomie an vielen Orten auf die Functionen der Organe Rücksicht genommen wird, wie z. B. in der Lehre von den Muskeln und Gelenken, so erklärt sich dies nicht aus innerer Nothwendigkeit, sondern einfach aus Zweckmässigkeitsrücksichten.

Wir fassen noch einmal zusammen. Es gibt eine Lehre von den Formen an und für sich, die auf die Lebensvorgänge keine Rücksicht nimmt, und nur die Bedeutung einer Hülfswissenschaft hat, die systematische Anatomie. Im Gegensatze zu dieser Disciplin fasst die wissenschaftliche Anatomie, die auch die vergleichende oder philosophische genannt wird, nur die lebenden Formen ins Auge und sucht deren Entstehung und Umbildung gesetzmässig zu begreifen. Diese Anatomie, die das Endziel eines jeden Morphologen sein sollte, bildet mit der Physiologie, die sich mit den Verrichtungen der Formtheile befasst, soweit als dieselben auf die Gestaltung keinen directen Einfluss haben, die Gesammtwissenschaft der Biologie oder die Lehre von den gesammten Lebensvorgängen der Organismen. — Die Zoochemie gibt wie die systematische Anatomie nur Material, dagegen ist physiologische Chemie ein Theil der Gesammtbiologie.

Nachdem wir im Vorhergehenden den Umfang und die Grenzen der Wirksamkeit des Anatomen abgesteckt haben, wenden wir uns jetzt zu einer Darlegung der Art und Weise, in welcher die Aufgabe desselben an unsern Universitäten zu lösen ist.

Es sind zwei Gesichtspunkte, die nns hier entgegentreten: der wissenschaftliche und der practische, von denen es sich frägt, ob einer dem andern unterzuordnen sei. Ein jüngerer Anatom, *Hertwig*, hat vor kurzem in seiner Antrittsrede[1]) den Satz aufgestellt „dass auf nnseren Universitäten vor allen Dingen wissenschaftliche Anatomie gelehrt werden müsse"; ein älterer College, *His*,[2]) dagegen, spricht sich dahin aus, „dass eine wesentliche, in den Intentionen unserer Regierungen wohl die wesentlichste Bedeutung der anatomischen Anstalten darin liege, dass dieselben Fachschulen seien". — Unserer Anffassnng znfolge vermögen wir weder dem, was *His* den Regiernngen unterstellt, nns anzuschliessen, noch auch *Hertwig* Recht zu geben, vielmehr sind wir der Meinung, die anch *His* theilt, dass beide Seiten gleich berechtigt sind und dieselbe Beachtung zu finden haben. Die Frage ist nämlich nicht die, welche Behandlungsweise der Anatomie die bedeutungsvollere, gewissermassen die höherstehende sei, sondern es handelt sich darum zn wissen, welche Anforderungen die Universitäten, mit anderen Worten der Staat, an die anatomischen Anstalten machen, und da kann es doch wohl nicht in Frage kommen, dass diesen nicht allein die Aufgabe zukommt, die Wissenschaft an und für sich zu treiben, sondern dass sie, wie viele andere Universitätseinrichtungen, auch vollberechtigten practischen Interessen sich nutzbringend zu erweisen haben. — Eine solche Auffassung hindert nicht, „es als Grundgedanken des deutschen Universitätswesens zu bezeichnen, dass die Universitäten Pflegestätten der Wissenschaft sein sollen, an denen die Vorbildung für das Berufsleben durch die Erwerbung wissenschaftlichen Geistes erfolgt", wie ein ungenannter Verfasser in der Allgemeinen Zeitung von diesem Jahre besagt[3]), voransgesetzt, dass man hinznsetzt, dass

---

[1]) *O. Hertwig*, Der anatomische Unterricht, Jena 1881, S. 14.

[2]) *W. His*, Ueber Entwicklnngsverhältnisse des akademischen Unterrichts, Rektoratsrede auf 1882/83. S. 39.

[3]) Die Wandlungen des Universitätswesens in Oesterreich in der Beilage vom 11. März 1883.

diese Vorbildung einem guten Theile nach bereits an der Universität ins Leben zu treten habe.

Fragen wir nun, in welcher Weise der Lehrer der Anatomie von dem bezeichneten Standpunkte aus seine Disciplin vorzutragen habe, so ist klar, dass jedes Stndium der Anatomie mit der Aneignung der Thatsachen zu beginnen hat, und dass erst, wenn diese bekannt sind, die wissenschaftliche nnd practische Verwerthung derselben folgen kann. Es wird daher an nnseren Universitäten überall in erster Linie sogenannte systematische Anatomie getrieben, welche den Schüler durch geordnete Vorträge in die Kenntniss des gröberen und feineren Baues des Körpers und seiner Entwicklung einznführen sucht. Von besonderer Wichtigkeit sind bei diesem Studium die Demonstrationen aller Art grösserer und mikroskopischer Präparate, welche die Beschreibungen und bildlichen Darstellungen des Lehrers durch die Vorführung der natürlichen Objecte ergänzen und legen wir daher in Würzburg schon längst den grössten Werth anf diesen Theil des Unterrichts und suchen mit möglichster Sorgfalt die Schwierigkeiten zn überwinden, die eine grössere Zal von Zuhörern solchen Vorweisungen setzt. Noch viel mehr ins Gewicht fallen aber die Arbeiten der Studirenden selbst, zn welchen ihnen die Präparirübungen und die mikroskopischen Curse Gelegenheit geben. Beide, vor Allem aber die ersteren, sind ein unumgänglich nöthiges Element iu der Vorbildnng der Mediciner und begreift auch der Laie, dass ohne diese Vorstudien an der Leiche ein practisches Eingreifen beim Lebenden ganz unmöglich ist. Es wird daher wohl kein Einsichtsvoller es den medicinischen Facultäten verargen, wenn sie alle Hebel ansetzen, um den anatomischen Anstalten die Mittel zu verschaffen, diese Seite des Unterrichtes möglichst zu pflegen und zu heben.

Haben die Mediciner entsprechende Kenntnisse in der systematischen gröberen und feineren Anatomie sich erworben, so folgt dann naturgemäss der Unterricht in der topographischen oder chirurgischen Anatomie, in welcher die einzelnen Regionen und Höhlen des Körpers mit Rücksicht auf die gegenseitige Lage der Organe und Systeme behandelt werden. Erst in diesen Vorträgen und Demonstrationen lernt der Studirende das kennen, was mit Rücksicht auf die spätere practische Thätigkeit unmittelbar von Belang ist, und sollte daher jede Anatomie

Digitized by Google

auf diese Seite des Unterrichtes ein ganz besonderes Gewicht legen. Und doch finden wir, dass diesen Vorträgen, die in Würzburg, wohl zuerst in Deutschland, schon im Jahre 1849 eingeführt und immer präparando an der Leiche gehalten wurden, lange nicht an allen Anatomieen die nöthige Beachtnng geschenkt wird.

An diese Demonstrationen sollte sich dann noch das anatomische Studium des lebenden Menschen anreihen, welches jedoch an unseren Universitäten noch in der Kindheit sich befindet. Nur lebende Modelle, wie sie die Künstler benntzen, könnten hier ausgiebig helfen, wie wir schon längst in unseren Vorträgen betonen, doch sind wir selbst über die Verwerthnng der unbekleideten Theile und der Extremitäten noch nicht hinausgekommen, und haben wohl allgemein nach dieser Seite die Kliniker und vor Allem die Chirurgen am Krankenbette mehr geleistet als die Anatomen. (Man vergl. auch *Max Schüller*, Ueber die heutigen Aufgaben des chirurgischen Unterrichtes in *Langenbecks* Archiv Bd. 28 Heft 4).

Fragen wir schliesslich, in welcher Weise der Lehrer der Anatomie, wenn einmal die Thatsachen gegeben sind, eine wissenschaftliche Behandlung seiner Disciplin zu bethätigen habe, so liegt unseres Erachtens seine Anfgabe nicht nur darin, dass derselbe einzelnen, ganz besonders begabten Schülern den Born seines Wissens ganz aufschliesst und sie so befähigt, selbst wiederum andern Generationen denselben Dienst zu leisten, vielmehr muss der Lehrer Allen ihm Anvertrauten den wahren wissenschaftlichen Geist einzupflanzen und ihren Sinn vom sogenannten Brotstudium weg auf Höheres zu lenken suchen. Zu dem Ende hin haben die Vorträge nicht allein in der Schilderung morphologischer Verhältnisse zu bestehen, vielmehr sollen dieselben die Studirenden dazu anleiten, die einzelnen anatomischen Thatsachen sorgfältig zu vergleichen und nach allen Seiten vergleichend anatomisch und embryologisch zu prüfen, um schliesslich durch Sonderung des Wesentlichen von dem Unwesentlichen zur Gewinnung allgemeiner, wichtiger Sätze und von Gesetzen aufzusteigen. Dies wird schon in den gewöhnlichen anatomischen Vorträgen geschehen können, in welchen, wie wir beispielsweise erwähnen, Vergleichungen des Schädels mit der Wirbelsäule, des Gehirns mit dem Rückenmark, der beiden Gliedmassen, der Nachweis der Bedentnng der Gehörknöchelchen und des Znngenbeins und noch viele andere allgemein wichtige Darstellungen mit

Leichtigkeit sich einfügen lassen. Noch mehr aber eignen sich für eine solche Behandlungsweise die Histologie und Embryologie, weil diese Disciplinen ein tieferes Eindringen in das erste Entstehen der organischen Formen und die allgemeinen Bildungsgesetze gestatten. In allen diesen Gebieten aber ist es die vergleichende Behandlung, die Rücksichtnahme auf den Bau und die Entwicklung aller Geschöpfe allein, welche die höchsten Ziele zu erreichen gestattet und wird aus diesem Grunde, wie wir nochmals betonen, kein Anatom, der diesen Namen wirklich verdient, je zugeben können, dass ihm das Gebiet der vergleichenden Morphologie entzogen oder vorenthalten werde.

Zum Schlusse meiner Darstellung erlaube ich mir nun noch einiges zur Geschichte der anatomischen Anstalten Würzburgs anzureihen.

Die erste Würzburger Anatomie wurde, verglichen mit allen andern Universitäten, unverhältnissmässig spät von den Fürstbischöfen Ph. Fr. v. Schönborn (1719—1724) und Chr. Fr. v. Hutten (1724—1729) in einem Gartenhause des Juliusspitals eingerichtet, welches jetzt noch besteht und vor kurzem wieder in seiner alten Form hergestellt wurde. Von der ursprünglichen Einrichtung dieser ersten Anatomie ist nur wenig bekannt und enthält die kurze lateinische Beschreibung von *Scheidler* (Siehe meine Rektoratsrede) alles, was wir von derselben wissen. Unter Fr. J. v. Erthal (1779—1795) wurde nach dem zweiten Jubiläum der Universität diese Anatomie neu organisirt und 1788 eingeweiht, bei welcher Gelegenheit der berühmte Chirurg *C. C. v. Siebold* die Festrede hielt. Diese Anatomie erhielt sich fast unverändert bis auf unsere Tage und wirkten an derselben in unserem Jahrhundert ausser *Döllinger*, den beiden *Hesselbach*, *Heusinger* und *Münz* auch *Mohr*, *Koelliker*, *Virchow* und *H. Müller*.

Die ersten Vorschläge zur Errichtung einer zweiten Anstalt, die ausser der menschlichen und vergleichenden Anatomie und der Physiologie auch die pathologische Anatomie und die physiologische Chemie aufnehmen sollte, gingen am 5. Januar 1842 von der medicinischen Facultät aus und erhielten noch in demselben Jahre im Allgemeinen die Billigung der höchsten Stelle. Doch dauerte es volle 8 Jahre, bis zum Jahre 1850, bis der Bau begonnen werden konnte. Derselbe verzögerte sich jedoch dadurch, dass die neu eingetretenen Professoren *Scherer*, *Koelliker* und *Virchow*

nach dem Tode von *Münz* noch wesentliche Abänderungen des ursprünglichen, von diesem hergestellten Plane vornahmen und konnte aus diesem Grunde das Gebäude erst im Sommer 1853 bezogen werden.

Diese zweite anatomische Anstalt war von Hause aus in ihrer ganzen Anlage verfehlt. Einmal umfasste dieselbe zu viele und zu heterogene Fächer, und zweitens waren die Pläne für die wichtigsten Räume, wie für die Hörsäle und den Präparirsaal, ganz mangelhaft und konnten auch durch kein späteres Eingreifen genügend verbessert werden, wollte man nicht den Umzug aus dem alten unmöglich gewordenen Loche — einen andern Namen verdiente damals die erste Anatomie nicht — ungebührlich verzögern. Es war daher nicht zum Verwundern, dass im Laufe weniger Jahre an dieser zweiten Anatomie die grössten Mängel sich herausstellten, um so mehr als auch die Frequenz der medicinischen Facultät immer mehr sich hob. Da auch die Unterbringung der Chemie in einem neuen Laboratorium dieselben nicht zu beseitigen vermochte, so schlug der Vorstand schon im Jahre 1862 den Bau eines besonderen amphitheatralischen Hörsaales vor, der jedoch keine Verwirklichung fand. Erfolgreicher war der Antrag auf einen Neubau, der durch ein besonderes Promemoria vom 11. Juni 1875 begründet wurde, indem derselbe im Jahre 1880 durch Se. Maj. König Ludwig II. mit den von dem Landtage hochherzig bewilligten Mitteln zur Ausführung genehmigt wurde. Diese neue Anatomie wurde bis zum Neujahre 1883 so weit gefördert, dass wenigstens die Präparirsäle und das Amphitheater bezogen werden konnten und in diesem Sommer fand dann die wirkliche Uebersiedlung und Beziehung des ganzen Gebäudes statt.

Der Plan zu dieser dritten Würzburger Anatomie, die wir heute feierlich eröffnen, dreissig Jahre nach der stillen Inaugurirung des zweiten Institutes der Art, wurde von dem jetzigen Vorstande der Anstalt mit möglichster Sorgfalt ausgearbeitet, nachdem derselbe vorher zum Theil allein, zum Theil in Gemeinschaft mit dem Universitätsarchitekten *H. Lutz* die neuen Anatomien von Berlin, Leipzig, Halle und Strassburg besichtigt und von den anatomischen Anstalten in Bonn, Kiel, Breslau und Pest durch genaue Pläne Kenntniss genommen hatte. Bei dieser Ausarbeitung hatte derselbe nicht nur, wie selbstverständlich, der einsichtigen Hülfe der Hrn. Architekten sich zu erfreuen, sondern es gingen ihm

auch eine Zahl älterer und jüngerer Collegen, unter denen mit besonderem Danke die HH. *Geigel*, *Michel* und *Ph. Stöhr* namhaft zu machen sind, mit Rath und That an die Hand.

So ist ein Bau entstanden, der, wenn man berücksichtigt, dass demselben eine bestimmt begrenzte Bodenfläche zu Gebote stand, wohl ohne Unbescheidenheit als ein im Wesentlichen Entsprechender bezeichnet werden kann. Die Hauptgesichtspunkte, die bei demselben als massgebend erschienen, waren einmal der, möglichst viel Licht und Luft zu gewinnen, welchem zu Liebe die Zimmer, so weit es anging, nur an Einer Seite angelegt und gross und hoch gebaut wurden. Zweitens hielten wir daran fest, die gröberen anatomischen Arbeiten zu concentriren und wurden daher alle hierauf bezüglichen Räume auf die Seite der neuen pathologisch-anatomischen Anstalt verlegt und von den andern Theilen des Gebäudes geschieden. Endlich erachteten wir es — angesichts der so schnell baufällig und unzulänglich gewordenen zweiten Anatomie — für gerathen, die Räume eher zu gross zu gestalten und den Bau möglichst solid zu halten. Ersteres ist, wie wir glauben, gelungen — obschon im vorigen Winter 134 Zuhörer der Anatomie, 80 Mikroskopiker und 227 Präparanten unsere grössten Säle nicht als übertrieben geräumig erscheinen liessen [1]) — ob auch in letzterer Beziehung das Erforderliche und Wünschbare ganz erreicht ist, muss die Zukunft lehren. Auf jeden Fall ist es geglückt, den wichtigsten Theil des Neubaues durch den Herrn Baumeister *Weber* untadelig und mit grösster Sorgfalt ausgeführt zu erhalten und dasselbe lässt sich auch noch von manchen anderen der betreffenden Arbeiten sagen. Gut ausgeführt sind, wie wir hoffen, die von dem Herrn Architekten und dem Vorstande mit Genehmigung der Universitätsverwaltung, bei der wir stets die beste Unterstützung fanden, selbständig vergebenen Arbeiten, wie die Fussböden und die inneren Einrichtungen der Hörsäle und Zimmer und glauben wir somit sagen zu dürfen, dass im Ganzen genommen, diese 3. Würzburger Anatomie einen guten und gelungenen Eindruck macht.

Möge dieselbe, grossartig wie sie erscheint, auch der Wissenschaft, der Universität und Bayern stets grosse Dienste leisten und die Hoffnungen erfüllen, die man in sie zu setzen berechtigt ist.

[1]) In diesem Winter zählen wir 163 Anatomen, 98 Mikroskopiker, und 280 Präparanten u. mussten bereits die Sitzplätze des Amphitheaters (138) vermehrt werden

Beobachtungen über das gelbe Fieber

von

Dr. A. HAUSMANN,

früher Arzt in St. Louis.

Mit einleitenden Bemerkungen

von

C. GERHARDT.

(Mit Tafel I.)

Herr Dr. *Hausmann*, einer meiner früheren jenenser Zuhörer hatte während der Epidemie von 1878 den Posten eines Quarantänearztes in St. Louis inne. Welche Gefahr damit verbunden war, sagt der officielle Bericht des Gesundheits-Commissärs *C. W. Francis* mit den Worten: Fast alle Beamten und Wärter die dahin geschickt wurden, erkrankten nach 1—2 Wochen an hybriden Fieberformen, die, wenn nicht gelbes Fieber, doch etwas ähnliches waren. Die Art, wie Herr Dr. *Hausmann* diese gefahrvolle Stellung zu Studien über das gelbe Fieber mit voller Kaltblütigkeit benützte, findet ein schönes Zeugniss in dem Umstande, dass der officielle Bericht über die Quarantäne nur von Dr. *Hausmann* ausführliche Krankengeschichten bringt, wohl auch in den nachfolgenden Blättern.

Jene Epidemie von 1878 hat eine ausführliche Beschreibung gefunden in den Reports to the St. Louis Medical Society on yellow fewer, herausgegeben von *W. Hutson Ford*. Darnaeh wurden in die Quarantäne-Anstalt im Ganzen 135 Fälle aufgenommen, worunter 97 Gelbfieberkranke. Dagegen betrug die Gesammtzahl aller im Jahre 1878 in St. Louis zur Beobachtung gekommenen Gelbfieberfälle 151 mit 71 Todesfällen. Ueber die Hälfte der Erkrankungen kam somit in der Quarantäne zur Beobachtung. Wenn die Mortalität in der Stadt etwas grösser war als in der Quarantäne, so war dies vielleicht nur anscheinend, leichtere Fälle in der Stadt mögen hie und da nicht zur Mitberechnung gekommen sein. Das Comité, das eingesetzt war, um die Beziehungen des Gelbfiebers zu studieren, kam zu folgenden Schlüssen:

1) Gelbfieber wird erworben in St. Louis durch Berührung mit Erkrankten oder mit der Kleidung von Personen, die bei

Erkrankten waren, durch den Eintritt in die Räume der Dampfer oder die Berührung mit ihrer Ladung.

2) Gelbfieber oder eine gleichschlimme, nicht davon unterscheidbare, ebenso contagiöse Erkrankung wird in der Stadt erzeugt durch schlechte sanitäre Verhältnisse.
3) Die Bevölkerung von St. Louis erlangt in den meisten Fällen die Empfänglichkeit für gelbes Fieber erst spät zu Ende September oder im Monat October.
4) Geschwächte und besonders Malariakranke sind für die Ansteckung besonders empfänglich.
5) Eine Art hybrides Fieber (Abortivform) ausgezeichnet durch öftere starke Fröste entsteht in St. Louis durch Berührung mit Oertlichkeiten und Gegenständen, die in Beziehung mit Gelbfieberkranken waren.
6) Zur Verhütung ist möglichst strenge Quarantäne nöthig bis November oder bis zu dauerndem Mittel der Wochentemperatur unter 40°.
7) In der Quarantäne sind die Gelbfieberkranken streng zu scheiden und von gesondertem Personal zu behandeln.
8) Der Boden soll nicht aufgewühlt, die Kanäle sollen nicht verbessert werden während der Herrschaft der Krankheit.
9) Die Kranken sollen aus der Stadt geschafft und isolirt werden.
10) Alle sanitären Massregeln sollen getroffen und beendet sein vor Ende Juli.
11) Die Krankheit ist contagiös, unzweifelhaft, aber nicht in hohem Masse; da die Empfänglichkeit bewirkt wird durch meteorologische Einflüsse in Verbindung mit Fäulnissausdünstungen, ist noch mehr Werth als auf strenge Quarantäne auf Drainage und auf allgemeine sanitäre Massregeln zu legen.

Diese Sätze, die hier kurz wiedergegeben wurden, zeigen wie die Schutzmassregeln, so die theoretischen Schlüsse über Verbreitung und Entstehung des Gelbfiebers, welche während jener Epidemie des Jahres 78 in St. Louis gewonnen wurden. In therapeutischer Beziehung wurden namentlich Versuche mit Tet veratri viridis gemacht, gtt 1--5 Tag und Nacht so oft, dass der Puls 10—20 Schläge unter normal erhalten wurde. Das Ergebniss dieser Versuche machte auf die Beobachter günstigen Eindruck. Die Zahl der so behandelten Fälle war jedoch nicht sehr gross.

Die Erfahrungen, welche Dr. *Hausmann* während jener Epidemie machte, folgen hier aus einem Brief entnommen und seine pathologisch-anatomischen Ergebnisse werden durch die beigegebene Tafel zur Anschannng gebracht.

Aetiologie. Das gelbe Fieber gehört zu den miasmatisch contagiösen Krankheiten, analog dem Typhus und der Cholera. Die Verhältnisse, unter denen eine Anzahl Fälle in der Stadt St. Louis entstand, berechtigen zu der Annahme, dass ein specifisches Contagium die Krankheit erzeugt, welches zu seiner Vermehrung eines ausserhalb dem Körper gelegenen günstigen Bodens bedarf. Zu Gnnsten dieser Ansicht spricht besonders eine interessante Erscheinung in dem Auftreten einer localen Epidemie in dem Quarantaine-Hospital, in welchem während eines Zeitraumes von 4 Monaten 97 Fälle mit einer Mortalität von 38—39 % zur Behandlnng kamen. Während dieser Periode kamen vier Fälle von Ansteckng vor und betrafen dieselben Personen, welche wenig oder gar nicht in Berührung mit den Kranken kamen, den Ingenieur, den Hausverwalter, dessen Tochter und den Superintendenten (letztere zwei starben), der ebenfalls nur wenig mit der Behandlung der ausgesprochenen Fälle zu thun hatte, da ich diese Abtheilnng selbständig übernommen. Von dem übrigen Personal, Aerzten und Wärtern, welche fast beständig mit den Patienten in einem Raume waren nnd oft genug mit denselben in directen Contact kamen, erkrankte nicht ein einziger.

Eine weitere Bestätigung der indirecten Uebertragung liefert anscheinend die Entstehung einer Anzahl Fälle auf dem Quarantaine-Dampfer, welcher den Transport von in der Stadt entdeckten Patienten besorgte. Vom 20. August bis zu meiner Versetzung an das Hospital, Anfang September, war das Boot unter meiner Aufsicht und wurde die Desinfection mit fast übertriebener Sorgfalt ausgeführt. Sieben Wochen später, am 9. Oct., zeigte sich der erste Fall von Gelbfieber an Board, welches bis zum 20. dess. Mts. fünf Personen, gerade die Hälfte der Mannschaft, hinwegraffte.

Analoge Verhältnisse finden wir bei einer Epidemie in der Vorstadt Carondelex, der vom 17. Septbr. bis zum 27 Octbr. 12 Personen zum Opfer fielen. Ob noch andere, günstig verlaufende Fälle existirten. liess sich nicht entscheiden. Die einzige nachweisbare Gelegenheit für Infection war in diesem Falle die Landung eines Dampfers, des Porter, welcher die Seuche den

Ohio hinauf bis nach Pittsburg verschleppte und zahlreiche locale Heerde den Ufern entlang erzeugte. Bei dieser Gelegenheit verliess eine Anzahl der Mannschaft das Schiff und hielt sich eine Zeit lang im Orte auf. Trotzdem dass man niemals erfahren, dass Einer davon nachträglich erkrankte und ungeachtet der langen Zeit zwischen der Landung am 3. August und dem Ausbruch des Fiebers am 17. September, erscheint es nicht zu gewagt, gegenüber analogen Zeitverhältnissen bei der Epidemie auf dem Ohiodampfer und im Hospital (in welchem alle Fälle, mit einer Ausnahme, nach dem 7. Oct. fielen) einen causalen Zusammenhang anzunehmen.

Directe Ansteckung ist nur in einem Falle sicher constatirt, wobei es natürlich unentschieden bleibt, inwieweit die Person oder die Sachen des Patienten dabei in Anbetracht kommen. Im Stadt-Hospital erkrankte nämlich der Wärter eines am Gelbfieber leidenden Mannes an derselben Krankheit und starb. Hier liess sich eine Maximal-Periode der Incubation mit Sicherheit als sechs Tage bestimmen und ausser in diesem, liess sich nur in einem einzigen anderen Falle die Dauer derselben als neun Tage angeben. Die kurze Dauer der Incubation gegenüber der langen Zeit, welche verfloss, ehe im Spital und auf dem Dampfer, trotz beständiger Gelegenheit zu directer Infection, die Krankheit ausbrach, scheint entschieden für indirecte Uebertragung zu sprechen.

Symptome und Verlauf. Mässige Schüttelfröste, Fieber, Lumbar und Kopfschmerzen, sowie in schweren Fällen lebhafte Injection der Conjunctiva, bilden die constanten Symptome. Das Fieber erreicht selten eine bedeutende Höhe, nur 2mal mass ich eine Temperatur von 40° C. in einem günstig und einem tödtlich verlaufenden Falle. Der Puls entspricht nicht der Temperatur und war z. B. 116 im ersteren, 100 im letzteren. Nach Verlauf von 2—3 Tagen lässt das Fieber nach, die Temperatur sinkt auf 39 und oftmals weit darunter, meist auf 38°, bei einer Pulsfrequenz von 90 bis normal und darunter, Kopf- und Lendenschmerzen verschwinden, dafür stellt sich aber Empfindlichkeit der Magengegend, Brechneigung und die ersten Anzeichen des allgemeinen Icterus ein, welche Symptome sich schnell zu dem characteristischen Krankheitsbild entwickeln. In schweren Fällen entdeckt man jetzt bereits kleine röthliche Flecken in den erbrochenen glasigen Massen, als Vorboten des mit Recht so gefürchteten schwarzen Erbrechens, „black vomit“. In der Regel

stirbt der Kranke vor dem siebenten Tage unter Symptomen höchster Schwäche mit einem hochgradigen Jcterus. Ausnahmsweise sah Schreiber dieses einen herculischen Neger fast zwei Wochen lang, bei täglichem copiösen Erbrechen geronnenen Blutes, mit einem Pulse von 48—60, dem Tode trotzen. Ein in den Lehrbüchern erwähnter aashafter Geruch lässt sich in einer Minderzahl der Fälle deutlich wahrnehmen. Die Reconvalescenz ist immer eine sehr langsame und nicht selten von Rückfällen unterbrochen. Ein constantes Symptom bildet ferner die Albuminurie und führt die ihr zu Grunde liegende Nieren-Affection zu einem sehr interessanten. von dem gewöhnlichen Verlauf ganz verschiedenen Krankheits-Bilde. Nachdem die im ersten Stadium milde auftretenden Erscheinungen fast gänzlich verschwunden sind, ohne dass sich Jcterus, Brechneigung etc. einstellen, wird man ohne Kenntniss der Anamnese schwerlich glauben, einen hoffnungslosen Todes-Candidaten vor sich zu haben. Bei der Untersuchung stellte sich jedoch heraus, dass der Patient unverhältnissmässig lange keinen Urin gelassen und die Anwendung des Catheters, durch welchen nur eine ganz geringe Quantität stark eiweisshaltigen Harns zu Tage gefördert wird, bestätigt das Vorhandensein vollständiger Harn-Suppression und lässt nur eine lethale Prognose, Tod durch Uraemie, zu. So viel ich erfahren konnte, ist kein einziger Fall von Heilung in diesem Stadium constatirt. Bei dieser acuten Nieren-Affektion scheint trotz der kalten Haut und des abnorm langsamen Pulses noch eine ganz geringe Temperatur-Erhöhung zu bestehen, wenigstens fand ich dieselbe jedes Mal bei Messungen im After.

Als Resultat sämmtlicher in St. Louis zur Kenntniss gelangten Fälle, 151, ergab sich eine Mortalität von 47 % oder 71 Todesfälle. Betrachtet man jedoch die in der Stadt und Umgegend entstandenen Fälle für sich, 31 an der Zahl, von denen 23 tödtlich verliefen, so steigt die Mortalität für diese Rubrik auf die enorme Ziffer von 74 %.

Der pathologisch-anatomische Befund ergibt eingreifende Veränderungen der wichtigsten Organe, aus denen sich die entsprechenden Symptome ungezwungen erklären lassen. Es handelt sich um eine acute fettige Degeneration mit körnigem Zerfall, welche vorzugsweise Herz, Leber, Nieren, Milz und Magen betrifft, von so acutem Verlauf wie er, ausser bei Phosphor-Intoxication meines Wissens niemals beobachtet wird.

Sämmtliche Gewebe des Körpers sind gelb tingirt. Die Muskulatur des Herzens weich und leicht zerreissbar. Ebenso verhält sich das Parenchym der Leber und Niere und denselben Befund bot die Milz in dem einzigen Falle, in welchem vorausgegangene Malaria nicht das Bild getrübt. Die Schleimhaut des Magens war in jedem Falle mit zahlreichen Blut-Extravasaten durchsetzt. Die Lunge bot anscheinend nichts Abnormes und wenn man aus den Funktionen schliessen darf, würde auch das Gehirn keine grob anatomischen Veränderungen zeigen. Leider gestatteten mir die Umstände nicht, ausführlichere Untersuchungen über das Verhalten der Blutgefässe und namentlich der Capillaren anzustellen und muss ich bei dem Mangel eines Sectionsprotokolls die pathalogische Anatomie auf eine Erklärung der in der Zeichnung dargestellten Veränderungen der Zellen und der Muskel-Fasern von Leber, Niere und Herz, beschränken.

I und II Leber-Zellen. b I normale Zelle. Inhalt körnig trüb, vielfach mit grossen Fettkörnern erfüllt, welche eine Ausbuchtung der Wand und Verzerrung der Zellenform verursachen. Nicht selten finden sich geborstene Zellen, deren körniger trüber Inhalt wolkig herausgequollen. Kerne vergrössert, deutlich sichtbar, wenn nicht vollständig durch Fetttropfen verdeckt. II a geborstener Zellkern.

III und IV pathologische Niere, V Stück von einem normalen Harnkanal bei Vergrösserung wie III. Epithel der Harnkanäle, vergrössert, resp. geschwollen, mit trübem, körnigem Inhalt. Die Glomeruli erscheinen als gleichmässige rundliche Körper, ohne dass Differenzirung der einzelnen Gewebebestandtheile möglich wäre. Zahlreiche traubenförmige Fettablagerungen in dem interstitiellen Gewebe III a Glomerulus, g, wahrscheinlich Lumen eines Canälchen, dessen Epithel bis auf die eine geborstene Zelle verloren worden.

VII und VIII pathol. Herz, VI normales, bei Vergr. wie VIII. Wolkige Trübung des Inhalts der Primitiv-Fibrillen mit vollständigem Verlust der Querstreifung Zwischen den Muskelbündeln zahlreiche grosse Fettzellenbündel erhalten durch die Fettbildung im Innern das Aussehen einer zelligen Structur wie in VII a, b. VII c M. B. in Primitiv Fibrillen aufgelöst, ohne eine Spur von Querstreifung.

Sectionen wurden sehr bald nach dem Tode gemacht, waren

jedoch mit Schwierigkeiten verbunden, weil keine Vorrichtungen, Bestecke u. dgl. vorhanden und Niemand assistiren wollte.

Therapie. Aus dem Verlauf des gelben Fiebers und den ursächlichen pathologisch-anatomischen Veränderungen lässt sich von vornherein annehmen, dass wir von einer analogen antipyretischen Behandlung wie beim Typhus wenig zu erwarten haben. Es ist in diesem Falle nicht die Höhe der Temperatur und eben so wenig die lange Dauer derselben, worin die Gefahr besteht, denn das Fieber ist selbst im Anfang der Krankheit selten abnorm hoch und kommt vom 2.—3. Tage-an kaum mehr in Betracht. Es sind vielmehr die schweren Funktions-Störungen der Niere, des Herzens, der Leber und des Magens, welche sehr bald dem Krankheits-Bild einen specifischen Character verleihen, indem sie die wichtigsten und constanten Symptome, Harn-Suppression, Icterus, Erbrechen, event. schwarz, und kleinen, schwachen, trotz des Fiebers verlangsamten Puls, hervorrufen. In den Fällen wo alle anderen Symptome gegen die Nieren-Affection gänzlich zurücktreten, scheint es als ob die Infection nicht intensiv genug gewesen, um die Functionen der übrigen Organe zu suspendiren, oder mit anderen Worten, dass die Niere empfindlicher gegen das Contagium ist als jene. Selbstverständlich lässt sich von keiner Therapie direkter Nutzen erwarten. Dass mit keiner Behandlungsweise besondere Erfolge erzielt wurden, oder, was anf eins herauskommt, dass eine jede von ihren Anhängern übermässig gepriesen, darf desshalb nicht verwundern. Die in New-Orleans versuchte Behandlung mit eiskalten Einwicklungen welche sehr unwissenschaftlich, ohne zu individualisiren, angewendet wurden, erwies sich dementsprechend als nutzlos oder schädlich und von der, nach amerikanischer Manier marktschreierisch in dem Rapport der St. Louis medicin. Gesellschaft empfohlenen Anwendung der Veratrum Tinctur, darf man sicherlich auch nicht mehr erwarten als Herabsetzung von Temperatur und Puls. In den wenigen Fällen wo Temperatnren von 40 oder darüber einen therapeutischen Eingriff indicirten, habe ich unbedenklich kalte Einwicklungen angewandt und werde denselben in Berücksichtigung des Zustandes der Magenschleimhaut immer den Vorzug geben. Der Zweck wurde erreicht, in wie fern, oder ob überhaupt, in einem günstig verlaufenden Falle diese Behandlung einen Einfluss auf den Ausgang übte, lasse ich dahin gestellt. Die ganze Therapie ist deshalb ausschliesslich symptomatisch.

Im Verlage der Stahel'schen Universitäts-Buch- & Kunsthandlung in Würzburg sind erschienen und allerorts zu beziehen:

Wegele, **Ueber die centrale Natur reflector. Athmungshemmung.** Mit 1 Tafel und Xylographie. 1882. Preis ℳ 1.40. (Sep.-Abd. aus d. Verh. der W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 1. Heft.)

Strouhal u. Barus, **Ueber den Einfluss der Härte des Stahls** auf dessen Magnetisirbarkeit und des Anlassens auf die Haltbarkeit der **Magnete.** Mit 2 Tafeln. 1882. Preis ℳ 2.40. (Sep.-Abd. aus den Verh. der W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 2. Heft.)

Staffel, **Die orthopädische Gymnastik auf Grundlage der Therapie der Scoliose.** Mit 1 Tafel und 15 Xylographieen. 1882. Preis ℳ 2. (Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 3. Heft.)

Seiffert, **Ueber Acetonurie.** 1882. Preis ℳ —,80. (Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 4. Heft.)

Krukenberg, **Die Farbstoffe der Vogeleierschalen.** Mit 1 Tafel. 1883. Preis ℳ 1.20. (Sep.-Abdr. aus d. Verhandl. d. W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 5. Heft.)

Geigel, **Ueber Variabilität in der Entwicklung der Geschlechtsorgane beim Menschen.** Mit 2 Tafeln. 1883. Preis ℳ 1.80. (Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 6. Heft.)

Schmitt, **Medicinische Statistik der Stadt Würzburg pro 1880/81.** Mit 2 Tafeln. 1883. Preis ℳ 2.80. (Sep.-Abdr. aus d. Verh. der W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 7. Heft.)

Kölliker, **Zur Entwicklung des Auges und Geruchsorgans** menschlicher Embryonen. Mit 4 Tafeln. 1883. Preis ℳ 3 20. (Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 8. Heft.)

Müller, Fr., Ueber die **diagnostische Bedeutung der Tuberkelbacillen.** 1883. Preis 60 ₰. (Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVIII. Bd. 1. Heft.)

Sandberger, F., **Neue Beweise für die Abstammung der Erze aus dem Nebengestein.** 1883. Preis 80 ₰. (Sep.-Abdr. aus den Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVIII. Bd. 2. Heft.)

Krukenberg, Ueber die **Hyaline.** 1883. Preis ℳ 1.40. (Sep.-Abdr. ans d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVIII. Bd. 3. Heft.)

Föhr, G. Fr., Die **Phonolite des Hegau's** mit besonderer Berücksichtigung ihrer chemischen Constitution. 1883. Preis ℳ 2. (Sep.-Abdr. aus den Verhandl. d. W. Phys.-med. Ges. XVIII. Bd. 4. Heft.)

Kölliker, A., Die **Aufgaben der anatomischen Institute.** Eine Rede, gehalten bei der Eröffnung der neuen Anatomie zu Würzburg am 3. November 1883. Preis 60 ₰ (Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVIII. Bd. 5. Heft.)

Hansen, **Die Farbstoffe der Blüthen und Früchte.** Mit 2 Tafeln. 1884. (unt. d. Presse) (Sep.-Abdr. aus den Verh. der W. Phys.-med. Ges. XVIII. Bd. 7. Heft.)

Gad, **Einiges über Centren und Leitungsbahnen am Rückenmark des Frosches** mit einem Excurs über Leitungsbahnen am Rückenmark im Kaninchen. Mit 2 Tafeln. (unter der Presse) Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVIII. Bd. 8. Heft.)

In gleichem Verlage ist ferner erschienen:

Die ärztliche Prüfung und Vorprüfung

(Staatsexamen und Tent. phys.) im Deutschen Reiche.

Bekanntmachung vom 2. Juni 1883, nebst Anhang: die einschlägigen §§ aus der Gewerbe-Ordnung enthaltend.

1883. 2 Bogen elegant brosch. Preis 50 ₰

Die Farbstoffe der Blüthen und Früchte.

Von

Dr. A. HANSEN. [1])

(Mit 2 Spectraltafeln.)

Der Gegensatz der gleichmässig grünen Farbe der pflanzlichen Assimilationsorgane und der buntfarbigen Mannichfaltigkeit der Blüthen ist eine so durchgreifende Regel, dass man grüne Blüthen und bunte Blätter als etwas Ungewöhnliches betrachtet. Die Uebereinstimmung aller assimilirenden Gewebe in der Farbe ist vollkommen erklärlich, da das Chlorophyll die Vorbedingung der Kohlensäurezersetzung ist. Dagegen lässt die physiologische Bedeutung der Blüthenfarben als Anlockungsmittel für die Insecten geradezu eine Mannichfaltigkeit erwarten. Immerhin fällt aber doch die grosse Menge von Farbenabstufungen bei den Blüthen auf; leisten ja doch einzelne Gattungen und Familien Erstaunliches in Färbungen.

[1]) Zusammenstellungen der früheren wenig zusammenhängenden Beobachtungen über Blüthen- und Fruchtfarbstoffe finden sich bei *R. Sachsse*: „Chemie und Physiologie der Farbstoffe, Kohlehydrate und Proteïnsubstanzen“ (1877) und bei *Behrens* „Hülfsbuch zur Ausführung mikroskopischer Untersuchungen“ (1883). Wie über den Chlorophyllfarbstoff ist über die bunten Farbstoffe der Blüthen und Früchte sehr viel geschrieben worden, ohne dass auch auf diesem Gebiete etwas anderes herausgekommen wäre, als eine merkwürdige Verwirrung, welche besonders dadurch veranlasst wurde, dass die Autoren, statt über die untersuchten Farbstoffe etwas Interessantes mitzutheilen, dieselben mit neuen Namen belegten, womit ihr Antheil an der Untersuchung der Farbstoffe allerdings am Einfachsten gesichert war. So erhielt der gelbe Blüthenfarbstoff nur die 7 Namen Antoxanthin, Xanthin, Lutein, Xanthophyll, Xanthin, Antochlor, welche von noch tiefer blickenden Classificatoren durch Vorsetzung von α, β, γ, ω zu einer ebenso umfangreichen als nichtssagenden Wörtersammlung vermehrt wurden. Die chronologische Aufzählung der älteren Literatur glaube ich dem Leser ersparen zu müssen, da in der That meistens Widersprüche zu verzeichnen sind. Die wenigen brauchbaren früheren Bemerkungen lassen sich leicht im Text citiren.

Es ist gewiss nicht ohne Interesse, nachzuforschen, mit welchen Mitteln die Natur ihre bewunderten Leistungen an Farbenreichthum zu Stande bringt und da stellt sich denn heraus, dass dieselben viel einfacher sind, als ein Blick auf einen Blumenflor erwarten lässt. Es werden nur verhältnissmässig wenige Farbstoffe verwendet, um das überraschende Resultat hervorzubringen. Auf zweierlei Weise werden mit ganz wenigen Grundfarbstoffen die weitgehendsten Abstufungen der Färbung erreicht. Einmal können durch Combination der Grundfarbstoffe zahllose Nüancen entstehen, dann aber werden durch Verbindung der Farbstoffe mit Säuren und Basen ganz neue Farben hervorgerufen, denen doch derselbe Farbstoff zu Grunde liegt.

Vorauszuschicken ist, dass die weisse und schwarze Farbe nicht durch weisse und schwarze Farbstoffe hervorgerufen werden. Die weisse Farbe, welche viele Blüthen besitzen, ist, wie bekannt, durch Reflexion des gewöhnlichen Lichtes durch die lufthaltigen, farblosen Gewebe verursacht. Schwarze Flecken auf Blüthen und Samen, z. B. an den Samen der Gartenbohne etc., sowie die schwarze Farbe vieler Beeren werden durch violette Farbstoffe bewirkt, welche nur durch ihre dichte Anhäufung die betreffenden Stellen undurchsichtig machen und den Eindruck von Schwarz hervorrufen. Mikroskopisch geben sich derartige schwarzen Flecke als Anhäufungen violetter Farbstoffe zu erkennen.

Betrachtet man die Farben der Blüthen und Früchte, so ergibt sich mit Hinzuziehung des Chlorophyllgrüns das Vorhandensein aller Spectralfarben:

Roth,
Orange,
Gelb,
Grün,
Blau,
Indigo,
Violett.

Lässt man das Chorophyllgrün, welches ja nur ausnahmsweise eine Blüthenfarbe ist, bei Seite, so wird ein unbefangener Blick die übrigen Farben leicht in 3 Gruppen zusammenfassen:

1) Gelbe Farben,
2) Rothe Farben,
3) Blaue und violette Farben.

Es ist nun zunächst ein bemerkenswerther Unterschied zwischen diesen Farben hervorzuheben, insofern als die gelben Farbstoffe in der Regel ähnlich wie das Chlorophyllgrün an geformte Protoplasmakörper gebunden sind, während die rothen, blauen und violetten Farbstoffe im Zellsaft gelöst vorkommen. Dieser wesentliche Unterschied ist schon durch die älteren anatomischen Untersuchungen von *Hildebrand* festgestellt worden [1]). Dass hie und da Ausnahmen von der Regel stattfinden können, ist selbstredend. Die verschiedene Art, wie die Farbstoffe an die Zelle gebunden sind, im Auge zu behalten, ist von Wichtigkeit, als schon durch diesen anatomischen Befund auf eine chemische Differenz des gelben Farbstoffes und der zusammengehörigen Gruppe der rothen, blauen und violetten Farbstoffe hingedeutet wird. Die an Protoplasmakörper gebundenen gelben Farbstoffe sind unlöslich in Wasser, während das Vorkommen der übrigen im wässerigen Zellsaft deren Löslichkeit in Wasser beweist. In der That gehören die rothen, blauen und violetten Farbstoffe eng zusammen und sind von dem gelben Farbstoff scharf zu scheiden.

Das ergibt sich auf das Ueberzeugendste aus dem Studium der Eigenschaften beider Farbstoffgruppen.

Das Blumengelb.

Der an Chromatophoren gebundene gelbe Farbstoff ist ebensowenig wie das Chlorophyllgrün in fester Form in der Protoplasmasubstanz seines Trägers vertheilt, sondern der Farbkörper enthält das Blumengelb in Form einer Fettverbindung, wodurch die Unlöslichkeit in Wasser bedingt ist. Derartige Fettfarbstoffe sind im Thierreiche von *Krukenberg* [2]) vielfach nachgewiesen und untersucht worden. Sie wurden von dem genannten Autor unter dem Namen Lipochrome zusammengefasst, da sie ihrem spectroskopischen Verhalten und ihren Reactionen nach sich als eine zusammengehörige Gruppe zu erkennen gaben.

Die Untersuchung einer Anzahl gelber Blüthenfarbstoffe ergab das Resultat, dass dieselben mit den thierischen Lipochromen

---

[1]) *Hildebrand*, Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik Bd. III (1863). Durch die neuern Untersuchungen über Farbstoffkörper von *Schimper* wurden diese Beobachtungen ergänzt und erweitert. *A. F. W. Schimper*, Ueber die Entwicklung der Chlorophyllkörner und Farbkörper. Botan. Zeitung 1883 Nr. 7—10.

[2]) *Krukenberg*, Vergleichend-physiologische Studien. II. Reihe. 3. Abth. 1882.

grosse Aehnlichkeit besitzen und diesen Farbstoffen zugezählt werden müssen, während die rothen, blauen und violetten Farbstoffe Substanzen ganz anderer Art sind.

Die bisherigen Untersuchungen der gelben Blüthenfarbstoffe haben sich auf spectroskopische Beobachtung alkoholischer Auszüge gelber Blumenblätter beschränkt, die vielfach, ohne dass man dies beachtete, mit Chlorophyllgrün verunreinigt waren und zu irrthümlichen Angaben über das Spectrum des Blumengelbs geführt haben. Ich habe einen anderen Weg eingeschlagen und für meine Beobachtungen zunächst dahin gestrebt, den gelben Farbstoff in gereinigter Form darzustellen. Das Wesentlichste dabei ist, den Farbstoff selbst aus seiner Fettverbindung auszuscheiden und ihn zugleich von fast in allen Blüthen vorhandenen kleinen Mengen Chlorophyllgrün zu befreien. Dies gelingt ziemlich leicht, da das Blumengelb einer Verseifung des Fettes mit Natronlauge vollkommen widersteht, eine Eigenschaft, welche *Kühne* und *Krukenberg* für die Lipochrome längst festgestellt haben. Die Methode der Trennung ist in einer Publication über den Chlorophyllfarbstoff beschrieben [1]).

Die Hauptsache derselben ist, dass die alkoholische Farbstofflösung mit einem Zusatz von Natronlauge längere Zeit zum Sieden erhitzt wird, wobei das Fett verseift, der Farbstoff aber in Freiheit gesetzt wird und mit Petrolaether extrahirt werden kann. Zugleich wird der gelbe Farbstoff durch diese Manipulation von etwa beigemengtem Chlorophyllgrün vollständig getrennt, da der Petrolaether das Chlorophyllgrün nach der Verseifung nicht mit aufnimmt. Auf diese Weise gelang es mir, wie schon vorläufig mitgetheilt [2]) die gelben Farbstoffe von Ranunculus, Cytisus u. a. in reiner und krystallisirter Form darzustellen.

Das Blumengelb krystallisirt in Nadeln, welche in Wasser unlöslich, sich leicht in Alkohol, Aether, Chloroform, Petrolaether, Schwefelkohlenstoff lösen. In fester Form zeigt das Blumengelb die bekannte Reaction der Lipochrome mit Schwefelsäure eine blaue Verbindung zu bilden und mit Jod-Jodkalium grün zu werden. Das Spectralverhalten der Farbstoffe der verschiedensten gelben Blüthen ist ein sehr übereinstimmendes, wie aus dem Vergleich der angefügten Spectrogramme hervorgeht. Die

[1]) Arbeiten des botan. Instituts zu Würzburg. Bd. III. Heft 1.

[1]) Sitzungsberichte der physikal.-medicin. Gesellschaft. Würzb. 1883.

Lösung des Blumengelbs erzeugt im Spectrum 2 Absorptionsbänder zwischen den Linien F und G. Im übrigen Spectrum treten keine Absorptionsbänder auf. Die Lage der Bänder ist nicht bei allen von mir untersuchten gelben Blüthenfarbstoffen genau dieselbe, es finden sich merkbare Verschiebungen der Bänder, was mir jedoch hier Grund scheint die gelben Farbstoffe der untersuchten Blüthen für chemisch sehr verschieden zu halten. Die Uebereinstimmung im ganzen übrigen Verhalten überwiegt die Verschiedenheit, welche sich durch die kleinen Lagendifferenzen der Bänder im Spectrum anzeigt, sodass sich vielmehr die Ueberzeugung aufdrängt, dass es sich überall um denselben gelben Farbstoff handelt. Eine endgültige Entscheidung darüber können natürlich nur Analysen geben.

Die Lösungen des Blumengelbs zeigen keine Fluorescenz.

Damit wären denn die früheren freilich nicht mit reinem Farbstoff angestellten Beobachtungen von *G. Kraus* über das Spectrum des Blumengelbs bestätigt und ebenso seine Angabe über den Mangel einer Fluorescenz als richtig erwiesen [1]).

---

[1]) Die Angaben von *Pringsheim* und *Tschirch* über das Spectrum der gelben Farbstoffe und über ihre Fluorescenz beruhen auf handgreiflichen Irrthümern. Die Aehnlichkeit, welche beide Autoren zwischen dem Spectrum des Blumengelbs und demjenigen des Chlorophyllgrüns fanden, erklärt sich daraus, dass ihre gelben Farbstofflösungen mit Chlorophyllgrün verunreinigt waren, da die genannten Autoren nur mit alkoholischen Auszügen gelber Blätter operirten. Bekanntlich sind die gefärbten Blüthenblätter an ihrer Basis häufig grün und das Chlorophyllgrün geht natürlich bei der Extraction mit in Lösung. Die genannten Autoren weisen zwar diese Bedenken ab, da sie sich von der Abwesenheit des Chlorophylls durch genaue anatomische Untersuchung der Blüthenblätter überzeugt hätten. Wie leicht einzusehen, ist das aber eine Unmöglichkeit, denn man kann nicht alle Zellen sämmtlicher Blüthenblätter, welche extrahirt werden sollen, vorher anatomisch auf Chlorophyll untersuchen. Die Spectralanalyse ergab denn auch, was von der anatomischen Untersuchung zu halten sei, indem immer Chlorophyllbänder im Spectrum der gelben Lösung auftraten. Nach *Pringsheim* und *Tschirch* deuteten diese nicht auf Verunreinigungen mit Chlorophyllgrün, sondern sollten dem Spectrum des gelben Farbstoffes selbst angehören und so wurde dann darauf hin eine wachsende Reihe von Abstufungen vom Blumengelb zum Chlorophyllgrün construirt.

Da sich durch die Verseifungsmethode das Blumengelb von den kleinsten Spuren Chlorophyllgrün vollständig reinigen lässt, so ergab die Nachuntersuchung, dass die von den genannten Autoren benutzten Lösungen eine wachsende Reihe von Abstufungen unreiner Extractionen waren. Der reine gelbe Farbstoff giebt keine Chlorophyllbänder. Es genügt aber, Spuren von Chlorophyllgrün der gelben Farbstofflösung zuzusetzen, um zu demselben Resultate wie *Pringsheim* und

In den allermeisten gelb gefärbten Blüthen ist das gelbe Blüthenlipochrom die Ursache ihrer Färbung. Es verleiht ihnen das reine gesättigte Gelb, welches Ranunculus-, Cytisus-, gelbe Rosenblüthen u. a. besitzen. Allein derselbe Farbstoff kann ohne weitere Beimischung in vielen Fällen die Orangefarbe hervorrufen.

Es ist dann nur die dichtere Einlagerung des Farbstoffes in die Chromatophoren, welche den betreffenden Blüthen und Früchten ein tiefes Orange verleiht. So ist z. B. die Farbe der Apfelsine durch denselben Farbstoff bedingt, den die Blüthen von Ranunculus repens etc. enthalten, nur sind in jener Frucht die Farbkörper mit reichlicheren Mengen Farbstoff beladen und so erscheinen zwei ganz verschiedene Farben bei der Ranunkelblüthe und bei der Apfelsine. Den Beweis für die Identität der Farbstoffe ergiebt das übereinstimmende Spectrum. (Taf. I. 11 und 21.)

Extrahirt man die Schale einer Apfelsine mit Alkohol so erhält man zwar eine orangefarbige Lösung. Man braucht dieselbe aber nur mit Alkohol zu verdünnen, um eine rein gelbe Lösung zu erhalten. Umgekehrt braucht man die rein gelbe Lösung von Ranunkelfarbstoff nur zu concentriren um die Orangefarbe zu erhalten [1]). Alles das beweist, dass sich allein durch

---

Tschirch zu gelangen. Ich versetzte 22 cc der Blumengelblösung mit nur 5 Tropfen eines gewöhnlichen grünen Blätterextractes (diese 5 Tropfen enthalten eine ganz minimale Menge Chlorophyllgrün). Eine Farbenänderung war in der gelben Lösung selbstverständlich nicht zu bemerken, allein das Spectrum zeigte sogleich bei einer 35 mm dicken Schicht Bd. I des Chlorophyllgrüns aufs Deutlichste

Selbstredend beruht die angebliche Fluorescenz der gelben Farbstoffe ebenfalls darauf, dass die Beobachter unreine Lösungen benutzten. Ich setzte zu 14 cc reiner Blumengelblösung, welche nicht fluorescirt 2 Tropfen gewöhnliche Chlorophyllösung. Diese Spuren Chlorophyllgrün waren im Stande, der gelben Lösung sofort eine deutliche Fluorescenz zu verleihen.

Um gleich mit diesen Widerlegungen abzuschliessen bemerke ich, dass die angebliche Aehnlichkeit des Etiolinspectrums und des Spectrums rother Farbstoffe mit dem Absorptionsspectrum des Chlorophyllgrüns, welche *Tschirch* angibt, aus denselben eben erörterten Gründen irrthümlich ist. Es lag überhaupt wenig Grund vor, nach einer Uebereinstimmung von Chlorophyllgrün mit den Blüthenfarbstoffen zu suchen und ich habe mir daher die viel näher liegende Aufgabe gestellt, die Identität aller rothen, aller gelben und andern Blüthenfarbstoffe unter einander festzustellen.

[1]) Auch für das Chlorophyllgelb habe ich die verschiedene Farbe verdünnter und concentrirter Lösung angegeben.

Ausrüstung der Chromotophoren mit geringern oder grössern Mengen desselben Farbstoffes zahllose Uebergänge vom Gelb zum dunklen Orange bei Blüthen und Früchten erreichen lassen.

In einer kleinen Anzahl von Blüthen, welche sich durch blassgelbe Färbung auszeichnen, ist ein anderer gelber Farbstoff enthalten, welcher kein Lipochrom ist, da er sich in Wasser löst. Von *Fremy* und *Cloez* [1]) aus gelben Dahlien isolirt, wurde er später von *Prantl* in mehreren Blüthen nachgewiesen. Er scheint wohl in diesen Blüthen im Zellsaft gelöst zu sein, dennoch gelingt die directe Extraction mit Wasser nur unvollkommen. Ich habe das in Wasser lösliche Gelb der Citronenschale zu Versuchen benützt. Die Zellen der Citronenschale enthalten keine Chromotophoren sondern einen gleichmässig gelben Inhalt. Durch Auskochen mit Wasser kann man eine gelbe Lösung erhalten, namentlich wenn man Brunnenwasser anwendet. Längeres Kochen mit destillirtem Wasser liefert eine viel weniger reine und schwächer gefärbte Lösung, so dass möglicher Weise der Farbstoff nur in unreiner Form leichter in Wasser löslich ist. Mit Alkohol dagegen lässt sich sowohl unmittelbar als nach vorherigem Auskochen mit Wasser eine rein gelbe Lösung gewinnen.

Dass es sich hier um einen vom Lipochrom verschiedenen Farbstoff handelt, wird schon durch das Verhalten gegen concentrirte Schwefelsäure angedeutet, der gelbe Farbstoff wird durch diese nicht blau sondern braun. Das Spectrum der alkoholischen Lösung des Farbstoffes besitzt keine Bänder sondern zeigt nur eine diffuse Absorption des blauen Endes. Durch Alkalien wird der Farbstoff dunkler gelb und beim Kochen mit Natronlauge orangeroth. Aus der alkalischen Lösung nimmt Petrolaether so gut wie nichts auf.

Im Hinblick auf dies Verhalten finde ich eine bemerkenswerthe Aehnlichkeit dieses Farbstoffes mit dem von *Krukenberg* untersuchten Farbstoff von Aethalium septicum, welchen *Krukenberg* den Uranidinen beifügt, an welche sich also auch das in Wasser lösliche Gelb der Blüthen und Früchte wohl anschliessen dürfte. Man könnte die beiden gelben Farbstoffe zur Unterscheidung mit den schon vorhandenen Namen Anthoxanthin und Anthochlor bezeichnen. Ausser diesen beiden habe ich

[1]) Journal für prakt. Chemie, 62 p. 269.

in gelben Blüthen und Früchten keine anderen Farbstoffe gefunden.

In den weitaus meisten Fällen ist das gelbe Lipochrom (Anthoxanthin) die Ursache gelber Färbungen und dieses allein wird, wie wir später sehen werden, in Combination mit rothen und blauen Farbstoffen zur Erzeugung neuer Farbentöne verwendet, während das in Wasser lösliche Gelb (Anthochlor) nur in blassgelben Blüthen und manchen gelben Früchten sich findet, im Allgemeinen aber weniger verbreitet ist, als das Lipochrom.

Das Blumenroth.

Die rothen Farben der Blüthen lassen sich alle auf einen einzigen rothen Farbstoff zurückführen und zwar ist dies der rosenrothe Farbstoff der Rosen, Nelken, Paeonien. Ich habe ihn in grösserer Menge aus Paeoniablüthen in fester aber noch nicht reiner Form dargestellt. Nach dem Eindampfen der Lösung erhält man ein rein carminrothes Extract, welches unter dem Exsiccator vollständig fest und zerreiblich wird. Trocknen bei 100° ruft eine Veränderung des Farbstoffes hervor.

Dieses Blumenroth ist löslich in Wasser und Alkohol. Doch ist der Farbstoff gegen Alkohol merkwürdig empfindlich. Löst man nämlich den festen Farbstoff in Alkohol, so entfärbt sich die Lösung nach kurzer Zeit vollständig. Aus diesem Grunde erhält man auch aus den dunkelrothen Paeoniablättern bei der Extraction mit Alkohol eine auffallend helle Lösung, deren Farbe in gar keinem Verhältniss steht zu der gesättigten Färbung der Blüthen. Beim Eindampfen der alkoholischen Lösung kehrt dann die rothe Farbe wieder und man erhält schliesslich den festen Farbstoff in seiner ursprünglichen Farbe wieder. Es scheint, dass es sich um eine Wasserentziehung durch den Alkohol handelt und dass dadurch ein farbloses Produkt entsteht. Momentan kann man nun aber in einer verblassten alkoholischen Lösung die Purpurfarbe durch einen Tropfen Salzsäure oder andere Säuren wieder hervorrufen. Auch die wässerige Lösung der Farbstoffe nimmt durch Säuren eine intensivere Purpurfarbe an. Ammoniak und kohlensaure Alkalien färben das Blumenroth grün, Aetzalkalien gelb, aber durch Uebersättigen mit Säuren lässt sich der rothe Farbstoff immer wieder regeneriren. Möglicherweise ist das Blumenroth eine rothe Säure, welche grüne durch stärkere Säuren zersetzbare

Salze bildet und deren Anhydrid farblos ist. Das Blumenroth ist jedenfalls kein Lipochrom, wie fälschlich behauptet worden ist. Das geht ja schon aus seiner Löslichkeit im Wasser hervor. Dem Erhitzen mit Natronlauge widersteht das Blumenroth nicht und man kann daher aus Gemengen von Blumenroth und Blumengelb beide zwar vollständig durch Verseifung trennen, aber nur das letztere unzersetzt abscheiden.

Das Spectrum des Blumenroths ist charakterisirt durch ein breites Absorptionsband etwa zwischen D und F (Tafel II. 22—28) und bleibt das Spectrum auch nach Zusatz von Säuren bis auf die Verdunklung und Verbreiterung des Absorptionsbandes unverändert.

Die rothen Blüthen von Rosa, Paeonia, Cratagus, Lychenis Chalcedonica, Dianthus, Lathyrus, Papaver u. s. w., welche ich untersuchte, verdanken trotz ihrer verschiedenen Nuancen doch alle demselben rothen Farbstoff, der in der Rose und Paeonie rein vorliegt, ihre Farbe. Wenn man Rosen, Nelken und Paeonien betrachtet, so wird es nicht schwer fallen, denselben Farbstoff in diesen verschiedenen Blüthen schon ohne Weiteres zu vermuthen. Nur die verschiedene Intensität wird auffallen, und ich vermuthe, dass bei der feinen Reactionsfähigkeit des Blumenroths auf Säuren die Intensität der rothen Farbe durch mehr oder weniger saure Reaction des Zellsaftes bewirkt wird. Das Vorhandensein saurer Reaction in Parenchymzellen ist ganz allgemein und ausserdem bei rothen Blüthen von *Fremy* und *Cloez*[1]) besonders nachgewiesen worden.

So wird es also nicht auf Zweifel stossen, dass in blassrothen und dunkelrothen Rosen, in Nelken und anderen Blüthen von ähnlicher rosa Nuance derselbe rothe Farbstoff vorhanden sei. Nun gibt es aber bekanntlich rothe Färbungen, welche von dem Roth der Rosen himmelweit verschieden sind. Die ziegelrothe Farbe mancher Mohnblüthen oder die rothgelbe von Lilium bulbiferum hat mit dem Roth der Rosen gar keine Aehnlichkeit und so erscheint die Eröffnung gewiss überraschend, dass auch in diesen genannten und ähnlichen feuerrothen und ziegelrothen Blumenblättern ganz derselbe rothe Farbstoff wie in der Rose und Paeonie vorhanden ist.

[1]) l. c.

Die ganz andere Farbe ziegelrother Blüthen entsteht dadurch, dass neben dem Blumenroth, welches im Zellsafte gelöst ist, das gelbe an Chromatophoren gebundene Lipochrom der Ranunkeln und Cytisusarten zugegen ist. Davon überzeugt man sich zunächst durch mikroskopische Beobachtung und diese ergibt, dass nicht etwa ein Gemisch mehrerer Farbstofflösungen die Zellen der Blumenblätter erfüllt, sondern dass ein rosenrother im Zellsaft gelöster und ein gelber an Protoplasmakörnchen gebundener Farbstoff vollständig getrennt neben einander in den ziegelroth scheinenden Blumenblättern vorhanden sind. Solche Blüthen verdanken also ihre Farbe gar nicht einem Farbstoff gleicher Nuance, sondern der Eindruck des Feuerrothen entsteht erst in unserem Auge durch Combination eines rosarothen und eines gelben Farbstoffes, welchen jene Blüthen enthalten. Die beiden Farbstoffe wirken also in derselben Weise, als wenu man ein rothes und ein gelbes Glas aufeinanderlegen würde, wodurch in unserem Auge eine von jedem einzelnen verschiedene Farbenempfindung entstehen würde.

Es ist klar, dass je nach dem Verhältniss vom Blumenroth und Blumengelb die verschiedensten Abstufungen erzeugt werden können. Ist mehr Blumenroth vorhanden, so neigt die Blüthenfarbe mehr zum Roth, bei stärkerer Ausrüstung mit gelben Chromatophoren sind die Blüthen mehr gelb und wie begreiflich lassen sich durch die Combination dieser beiden Farbstoffe alle die Farbenabstufungen vom reinen Rosenroth bis zum Gelb herstellen, welche wir an den Blüthen bewundern.

Untersucht man derartige Blüthenblätter spectroskopisch, so finden sich natürlich die für beide Farbstoffe charakteristischen Absorptionsbänder und dasselbe Resultat erhält man, wenn alkoholische Auszüge der Blüthenblätter benutzt werden, welche dann im Gegensatz zur lebenden Blüthe beide Farbstoffe natürlich gemengt enthalten. Der alkoholische Auszug von Papaverblüthen z. B. zeigt ein Absorptionsspectrum, in welchem der Streifen des Paeonienroth und die beiden Bänder des Ranunculusgelb auftreten (Taf. I. 19).

Mit Leichtigkeit lassen sich die in der alkoholischen Lösung befindlichen Farbstoffe durch Verseifung trennen, wobei allerdings das Blumenroth zersetzt wird. Das Blumengelb kann aber z. B. aus einem alkoholischen Extract rother Papaverblüthen nach

der Verseifung mit Petrolaether extrahirt werden und gibt dann das reine Spectrum der Lipochrome. (Taf. I. 17.)

Die rothe Farbe der Früchte entsteht ebenfalls durch einfaches Blumenroth oder durch Combination von Blumenroth und Blumengelb. So z. B. sind in den Rosenfrüchten die äusseren Zellschichten der Fruchtknoten mit dem rosenrothen Farbstoff erfüllt, während die Zellen ausserdem dunkelgelbe Chromatophoren enthalten. Durch das Zusammenwirken erscheinen die Hagebutten zinnoberroth.

Immer habe ich dieselben beiden Farbstoffe in solchen Blüthen gefunden, welche eine der zahllosen zwischen Roth und Gelb liegenden Mischfarben besassen. Für die Combination von Farben wird also, wie sich aus dem Spectrum ergibt, nur das in Wasser unlösliche an Chromotophoren gebundene Blumengelb nicht das in Wasser lösliche benützt.

Die blauen und violetten Farbstoffe.

Macht der rothe Blüthenfarbstoff in seinem ganzen Verhalten durchaus den Eindruck eines selbstständigen Farbstoffes, so ist das nicht bei den violetten und blauen Blüthen- und Fruchtfarbstoffen der Fall. Vielmehr drängte sich während der Beschäftigung mit ihnen immer mehr der Gedanke auf, dass die blauen und violetten Farbstoffe nur Derivate des Blumenroths seien.

Die blauen und violetten Farbstoffe können ebenfalls durch Alkohol extrahirt werden, sind aber ebenfalls empfindlich gegen dies Lösungsmittel und verblassen wie der rothe. Ein Säurezusatz ruft nun aber in der entfärbten Lösung nicht den violetten Farbstoff wieder hervor, sondern es tritt die reine Farbe des Blumenroth auf und das Spectrum bestätigt in der That den Uebergang des violetten Farbstoffes in das Blumenroth (Taf. II. 32 u. 33).

Die Aenderung der blauen und violetten Farbstofflösungen in Roth bei einem Säurezusatz ist schon von *Marquardt* und *Fremy* [1]) beobachtet worden und diese glaubten, alle rothen Blüthen-Farbstoffe seien nur durch Säuren veränderte blaue. Sie betrachteten einen blauen Farbstoff, das Anthocyan, als die eigent-

[1]) *Marquardt*, die Farben der Blüthen. *Fremy* und *Cloez*, Journ. für prakt. Chemie 62. Bd. p. 269.

liche Grundlage der übrigen. Diese Ansicht kann ich nicht theilen, schliesse vielmehr aus meiner Beschäftigung mit den Farbstoffen das Umgekehrte, dass die blauen und violetten Farbstoffe Derivate des Blumenroths seien. Dafür scheint zunächst die bekannte Thatsache zu sprechen, dass viele blaue und violette Blüthen, namentlich der Borragineen anfangs roth sind und erst später blau oder violett werden.

Ich habe versucht aus dem Blumenroth der Paeonia blaue und violette Farbstoffe zu erzeugen und gefunden, dass kleine Mengen Eisen-Oxyd- und Oxydulsalze die rothe Farbstofflösung in eine schön violette Lösung umwandeln, welche durch Säuren wieder roth, mit Alkalien grün wird, wie ein natürlicher violetter Blüthenfarbstoff[1]). Man könnte das Eintreten dieser Eisenreaction auf beigemengte Gerbstoffe schieben, allein es geht vielmehr aus Allem hervor, dass der rothe Blüthenfarbstoff selbst ein Gerbstoff ist. Er ist von auffallend adstringirendem Geschmack und wird durch neutrales essigsaures Blei mit blauer Farbe gefällt. Der Bleiniederschlag löst sich in Säuren mit der Farbe des Blumenroth, so dass man also immer schliesslich den rothen Farbstoff wieder regeneriren kann.

Es wäre also gar nicht unwahrscheinlich, dass auch in der Natur blaue und violette Farbstoffe durch Eisensalze aus dem rothen erzeugt würden. Diese Möglichkeit wird sogar durch eine bekannte Thatsache gestützt. Es ist eine häufig versuchte Spielerei der Gärtner, rothblühende Hortensien in blaue umzuwandeln und dies geschieht, indem man die Erde des Kübels mit einem Eisenzusatz versieht.

Ausser durch Eisen lässt sich aber das Paeonienroth auch dnrch andere Reagentien umfärben. Geringe Mengen Natriumphosphat ($Na_2 H PO_4$) wandeln das Blumenroth in ein schönes Violett um. Setzt man nun dieser violetten Lösung grössere Mengen desselben Salzes zu, so erhält man eine rein blaue dichroitische Farbstofflösung, welche in dicken Schichten schön roth aussieht.

Eine einfache Tabelle gibt einen Ueberblick über die Beziehung der rothen zu den blauen und violetten Farbstoffen.

---

[1]) *Marquardt* und *Fremy* hatten die Bildung von Metallverbindung nur bei ihrem blauen Farbstoff (Kyanin, Anthokyan) beobachtet.

Es gehen über in	Roth	Violett	Blau
Roth		Durch Eisensalze und durch kleine Mengen $Na^2H PO^4$	Durch grössere Mengen $Na^2 H PO^4$
Violett	Durch Säuren H Cl, H^2SO^4, organ. Säuren		Durch $Na^2 H PO^4$
Blau	Durch Säuren	Durch Spuren von Säuren, z. B. Apfelsäure	

Dass in den Blüthen in allen Fällen dieselben Reagentien zur Erzeugung blauer und violetter Farbstoffe angewendet werden, welche ich benutzte, wird hier nicht behauptet. Es liegt mir nur an dem Nachweis, dass diese Umwandlung leicht mit Hülfe von Salzen vor sich gehen kann, welche den Pflanzen überall zu Gebote stehen. Es handelt sich nicht darum, die natürlichen Vorgänge in ein Schema zu zwängen, sondern sie mit Hülfe des Schemas zu überblicken.

Die angedeutete Beziehung der violetten Farbstoffe zum Roth wird durch das Studium violetter Fruchtfarbstoffe bestätigt. Einen prächtig violetten Farbstoff enthalten die schwarz erscheinenden Beeren von Atropa Belladonna. Derselbe ist leicht löslich in Wasser und Alkohol, unlöslich in Aether. Durch Säuren wird er purpurroth wie der rothe Blüthenfarbstoff, durch Ammoniak spangrün. Die alkoholische Lösung des violetten Atropafarbstoffes ändert schon nach einigen Tagen ihre Farbe in weinroth, geht also, vielleicht durch die Kohlensäure der Luft oder durch Spuren von Säuren, die sich bilden, schon in einen rothen Farbstoff über. Diese weinrothe Lösung gibt mit Säuren und Ammoniak übrigens noch dieselben lebhaften Farbenänderungen wie der frische violette Farbstoff.

Das Spectralverhalten der blauen und violetten Blüthen- und Fruchtfarbstoffe ist ein übereinstimmendes. Sie besitzen zwei Absorptionsbänder zwischen D und b. (Tafel II.)

Wie das Blumenroth, so können sich natürlich auch die violetten und blauen Farbstoffe mit dem Lipochromgelb combiniren und neue Abstufungen der Färbung erzeugen. Die Farbe der Ampelopsisbeeren ist z. B. durch Zusammenwirken von violettem

Atropafarbstoff und gelbem Lipochrom bewirkt, wie aus dem Spectrum des weinrothen Auszuges der Ampelopsisbeeren hervorgeht (Taf. II. 37). Wir finden in diesem Spectrum die beiden Bänder des violetten Farbstoffes und die beiden Bänder des Lipochroms. Vermischt man den rein violetten Farbstoff von Atropa mit etwas reiner Blumengelblösung, so kann man genau die weinrothe Farbe des Ampelopsisextracts hervorrufen.

So sind denn zweifellos die übereinstimmenden Farben der Früchte, z. B. der Kirschen, Pflaumen, der Aepfel, Birnen etc. durch dieselben Farbstoffe bedingt, anderseits sind diese Farbstoffe identisch mit denen gleichgefärbter Blüthen.

Die ganze Farbenpracht der Blumen und Früchte ist also das Resultat der Anwendung und Combination von ganz wenig Farbstoffen. Es sind dies

1) das in Wasser lösliche Blumengelb, welches nur in rein hellgelben Blüthen stets allein vorkommt (Anthochlor);
2) das gelbe Lipochrom (Anthoxanthin),
3) das Blumenroth, aus dem die übrigen Farbstoffe in einfacher Weise erzeugt werden,
4) das Chlorophyllgrün.

Es scheint vielleicht etwas überraschend, dass die Verhältnisse so einfach liegen und die kleine Anzahl der Farbstoffe contrastirt mit dem wunderbaren Resultat der damit erzeugten Blüthenfärbungen, allein in der Combination documentirt sich eben die Feinheit der Natur. Eine solche Mannigfaltigkeit mit den wenigen Elementen hervorgerufen, würde künstlich wohl kaum gelingen.

Die folgende Tabelle diene zum Ueberblick über die Blüthenfarben und die Farbstoffe, welche dieselben hervorrufen.

Farbe	Farbstoff	
Hellrosa	Blumenroth	+ Säure
Dunkelrosa		+ Lipochromgelb
Zinnoberroth, gelbroth etc.		+ Eisensalze, $Na^2 H PO^4$ etc.
Violett, blau		
Orange	gelbes Lipochrom (Anthoxanthin)	
Gelb		
Blassgelb	Anthochlor	
Grün	Chlorophyllgrün	

In Bezug auf die Genese der Farbstoffe der Blüthen und Früchte hat man in den letzten Jahren besonders eifrig versucht, dieselben vom Chlorophyllfarbstoff abznleiten. (Diese Ansicht eines nahen Zusammenhanges zwischen Chlorophyllgrün und den übrigen Farbstoffen ist schon von *Marquardt* ausgesprochen. Die Farben der Blüthen 1835). Man stützte sich dabei vorwiegend auf spectroskopische Beobachtungen, die nun als unrichtig erwiesen sind. Die Spectra der gelben, rothen, blauen und violetten Farbstoffe haben mit dem Absorptionsspectrum des Chlorophyllgrüns gar keine Aehnlichkeit und es sind also aus dem spectroskopischen Verhalten überhanpt keine Schlüsse auf die Zusammengehörigkeit der Blüthenfarbstoffe und des Chlorophyllgrüns zu ziehen.

Dagegen sind es vielmehr in der Natur zu beobachtende Vorgänge, welche zum Nachdenken über die angeregte Frage veranlassen. Erstens ändern bekanntlich grüne Früchte in der Regel bei der Reife ihre Farbe in Gelb, Roth, Violett und das könnte auf eine directe Umwandlung des Chlorophyllgrüns in jene Farbstoffe deuten. Zweitens färben sich im Herbst auch die grünen Blätter gelb und roth,

So schwierig die Frage über die genetische Beziehung der bunten Farbstoffe zum Chlorophyllgrün zu eruiren ist, so scheinen mir doch schon einige Thatsachen vorzuliegen, welche gegen eine solche Annahme sprechen. So z. B. entsteht wie bekannt rother Farbstoff in den Stengeln etiolirter Bohnen, wenn man dieselben einige Zeit an's Licht bringt. Die Stengel werden schön roth, ehe Chlorophyll gebildet ist und der rothe Farbstoff kann also in diesem Falle nicht aus Chlorophyllgrün entstehen.

Durch *Sachs* Untersuchungen ist bekannt, dass Blüthen im Dunkeln ihre intensiven Farben ausbilden auch wenn die ganze Pflanze im Dunkeln gehalten wird, also in keinem Theile Chlorophyllgrün besitzt. Auch in diesen Fällen ist also die Bildung der Farbstoffe vom Chlorophyllgrün ganz unabhängig.

Ich glaube daher die Farbenänderungen grüner Früchte und grüner Blätter im Herbste so anffassen zu müssen, dass das Chlorophyllgrün zu Grnnde geht, wahrscheinlich nachdem die Chlorophyllkörner nicht mehr lebensthätig sind, durch das Licht zersetzt wird, da gerade die der Sonne ausgesetzten Seiten vieler Früchte sich besonders färben, und dass dann zu gleicher Zeit neue Farbstoffe hervortreten.

Bei den gelben Blättern im Herbst ist dies sehr einfach. Das Chlorophyllgrün ist immer vom Chlorophyllgelb begleitet, welches viel lichtbeständiger ist und nach dem Verschwinden des Grüns zurückbleibt. Dass das zurückbleibende Lipochrom die Färbung mitbewirkt, ergibt die spectroskopische Untersuchung des alkoholischen Extractes herbstlich gelber Blätter. Es ist aber dennoch ein Irrthum, wenn allgemein angenommen wird, die gelbe Farbe der Herbstblätter werde nur durch diesen gelben Farbstoff bewirkt. Wenn man nämlich die gelben Blätter mit Alkohol extrahirt, erhält man nur eine schwach gefärbte Lösung von Lipochrom, während die Blätter eine lederbraune Farbe angenommen haben und keinen Farbstoff weiter an Alkohol abgeben. Die mikroskopische Untersuchuug ergibt, dass die Zellen der Blätter eine grosse Menge körniger bräunlicher Zerfallsproducte des Zellinhaltes enthalten und die intensive Farbe wird ganz besonders durch diese mitbewirkt, während ein im Alkohol löslicher gelber Farbstoff nur in geringer Menge vorhanden ist.

Auch die Gelbfärbung mancher Früchte kann darauf beruhen, dass nach Zerstörung des Chlorophyllgrün das Chlorophyllgelb hervortritt. Bei grünen Früchten, welche sich roth oder violett färben, muss die Sache natürlich anders liegen. Hier kann nicht während des Verschwindens des Chlorophyllgrüns der verdeckte Farbstoff einfach hervortreten, die rothen und violetten Fruchtfarbstoffe müssen sich erst, während das Chlorophyll verschwindet, gleichzeitig bilden. Sie entstehen aber dabei nicht aus Chlorophyllgrün sondern durch andere Stoffwechselprocesse, welche bei der Reife der Früchte stattfinden. Diese Ansicht kann ich durch eine Thatsache unterstützen, da ich die Entstehung eines purpurrothen Farbstoffes aus farblosem Gewebe direct beobachtet habe.

Wenn man nämlich die fleischigen Blätter von Aloe socotorina mit Wasser kocht, so erhält man während des Kochens in kurzer Zeit einen prachtvoll purpurrothen Farbstoff, der sich in Wasser löst. Das Chlorophyll hat mit dieser Bildung nichts zu thun, da man das Chlorophyllgewebe der Blätter abschälen kann und aus dem farblosen Parenchym allein dieselbe intensive Farbstofflösung erhält. Hier ist also die Entstehung eines rothen Farbstoffes am farblosen Gewebe ganz unabhängig vom Chlorophyll bewiesen.

Die Bildung des Aloefarbstoffes scheint ein einfacher Oxydationsvorgang zu sein, es ist aber auch die Gegenwart von Wasser zur Erzeugung des Farbstoffes nöthig. Siedendes Glycerin z. B. färbt sich nur ganz wenig, theils wegen des Wassermangels, theils wegen des Sauerstoffabschlusses. Gewebetheile, welche aus dem Glycerin herausragten, färbten sich roth. Die Nothwendigkeit des Wassers zur Farbstoffbildung ergibt sich daraus, dass wenn man das Blattgewebe mit Alkohol kocht, keine Färbung entsteht. Giesst man aber die alkoholische Lösung in Wasser, so tritt die rothe Farbe auf. Andere Ursachen der Farbstofferzeugung z. B. eine Fermentwirkung anzunehmen, liegt kein Grund vor, da das $1^1/_2$ Stunden auf 150° constant erhitzte Gewebe Wasser wie frisches Gewebe röthet, so dass ich demnach eine einfache Sauerstoffwirkung bei Gegenwart von Wasser annehme. Der Aloefarbstoff stimmt in seinem Spectralverhalten mit den violetten Farbstoffen überein, verhält sich aber anders gegen Reagentien. Salzsäure entfärbt ihn, durch Ammoniak wird er hellbraun.

Ebenso wie die Röthung der Früchte ist das Roth- oder Violettwerden herbstlicher Blätter, z. B. des wilden Weines durch Entstehung eines Farbstoffes bedingt, welcher mit dem Chlorophyllgrün nichts zu thun hat und sich spectroscopisch den rothen Blüthenfarbstoffen gleich verhält. (Taf. II. 39.)

Ich glaube, dass diese Beobachtungen wohl gegen, die, nur durch die blosse Wahrnehmung begründete Ansicht sprechen, die bunten Farbstoffe der Früchte und der herbstlichen Blätter seien Umwandlungsprodukte des Chlorophyllgrüns.

Alle meine Beobachtungen drängen mir vielmehr die Ueberzeugung auf, dass während die übrigen Farbstoffe mehr oder weniger mit einander zusammenhängen, gerade das Chlorophyllgrün eine Substanz sui generis ist.

Erklärung der Spectraltafeln.

De Grad der Dunkelheit der Absorptionsstreifen wird dorch die Ordinate, die Ausdehnung der Bänder, bezogen auf die Fraunhofer'schen Linien selbstverständlich durch die Position auf der Abscisse angegeben. Scheinbar genauere Messungen der Intensität der Bänder entziehen sich, da diese von jeweiligen nicht constanten Beobachtungsverhältnissen und ausserdem von subjectiven Bedingungen abhängt, der Controlle

Chlorophyllgrün und einige Umwandlungsprodukte.

1. Absorptionsspectrum der gewöhnlichen Chlorophylllösung.
2. Reines Chlorophyllgrün in Aether (dickere Flüssigkeits-Schicht).
3. „ „ „ „ (dünnere Flüssigkeits-Schicht).
4. „ „ „ Alkohol (dünnere Schicht).
5. „ „ „ „ (dickere Schicht).
6. „ „ „ Wasser.
7. „ „ „ conc. Schwefelsäure, rein grün.
8. „ „ „ Salzsäure, blaugrün.

Gelbe Farbstoffe der Blüthen und Früchte.

9. Reines Chlorophyllgelb in Petrolaether.
10. Gelber Farbstoff etiolirter Pflanzen in Petrolaether.
11. Ranunculusgelb Alkoholischer Auszog der Blumenblätter.
12. „ nach der Verseifung in Petrolaether.
13. „ in Chloroform.
14. „ in Schwefelkohlenstoff.
15. Reiner Farbstoff von Cytisus und gelber Rose (verseift).
16. Spectrum des lebenden gelben Rosenblattes.
17. Gelber Farbstoff von Papaver (verseift) in Petrolaether.
18. Gelber Farbstoff von Lilium bulbiferum (verseift) Petrolaether,
19. Alkoholischer Auszug von Papaverblüthen, Gemenge des rothen und gelben Farbstoffes; zwischen E und F Absorptionsband des rothen Farbstoffes.
20. Alkoholischer Auszug der Blüthen von Lilium bulbiferum, Gemenge des rothen und gelben Farbstoffes; zwischen D und E Band des rothen Farbstoffes.
21. Gelber Farbstoff von Apfelsinenschalen (orangerothe Lösung).

Rothe. blaue und violette Blüthen- und Fruchtfarbstoffe.

22. Rother Farbstoff von Paeonia in Alkohol (purpur).
23. „ „ „ „ in Wasser.
24. Lebendes Paeonienblumenblatt.

25. Rother Farbstoff von Paeonia in Alkohol + Salzsäure.
26. „ „ „ Crataegus in Alkohol (purpurroth).
27. Rothes Rosenblatt.
28. Rother Farbstoff der Rose in Alkohol + Schwefelsäure (purpurroth).

Ebenso die Farbstoffe von

Lychnis Chalcedonica
Dianthus
Lathyrus

} in Alkohol + Salzsäure.

29. Blaues Blumenblatt von Borago.
30. Violettes Blumenblatt von Hesperis matronalis (3 Blätter).
31. Violettes Blumenblatt von Iris.
32. Violetter Farbstoff von Hesperis in Alkohol + Salzsäure (purpurroth).
33. „ „ „ Iris „ „ „ „ „
34. Farbstoff der Beeren von Rhamnus tinctoria (purpur).
35. Purpurrother Farbstoff durch Kochen von Aloeblättern erhalten.
36. Violetter Farbstoff der Beeren von Atropa,
37. Alkoholischer Auszug der Beeren von Ampelopsis, Gemenge des violetten und gelben Farbstoffes.
38. Rother Farbstoff von Paeonia + Ammoniak (grünblau).
39. Alkoholischer Auszug herbstlich rother Blätter von Ampelopsis. Gemenge von rothem und gelbem Farbstoff.
40. Violetter Farbstoff von Viola odorata in Alkohol.
41. Violetter Farbstoff von Viola odorata in Alkohol + Salzsäure (purpurroth).

Berichtigung: Pag. 5 Zeile 6 von Oben lies **kein** Grund statt „hier Grund“ etc.

Im Verlage der Stahel'schen Universitäts-Buch- & Kunsthandlung in Würzburg sind erschienen und allerorts zu beziehen:

Wegele, **Ueber die centrale Natur reflector. Athmungshemmung.** Mit 1 Tafel und Xylographie. 1882. Preis ℳ 1.40. (Sep.-Abd. aus d. Verh. der W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 1. Heft.)

Strouhal u. Barus, **Ueber den Einfluss der Härte des Stahls** auf dessen Magnetisirbarkeit und des Anlassens auf die Haltbarkeit der **Magnete.** Mit 2 Tafeln. 1882. Preis ℳ 2.40. (Sep.-Abd. aus den Verh. der W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 2. Heft)

Staffel, **Die orthopädische Gymnastik auf Grundlage der Therapie der Scoliose.** Mit 1 Tafel und 15 Xylographieen. 1882. Preis ℳ 2. (Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 3. Heft.)

Seiffert, **Ueber Acetonurie.** 1882. Preis ℳ —,80. (Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 4. Heft.)

Krukenberg, **Die Farbstoffe der Vogeleierschalen.** Mit 1 Tafel. 1883. Preis ℳ 1.20. (Sep.-Abdr. aus d. Verhandl. d. W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 5. Heft.)

Geigel, **Ueber Variabilität in der Entwicklung der Geschlechtsorgane beim Menschen.** Mit 2 Tafeln. 1883. Preis ℳ 1.80. (Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 6. Heft.)

Schmitt, **Medicinische Statistik der Stadt Würzburg pro 1880/81.** Mit 2 Tafeln. 1883. Preis ℳ 2.80. (Sep.-Abdr. aus d. Verh. der W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 7. Heft.)

Kölliker, **Zur Entwicklung des Auges und Geruchsorgans** menschlicher Embryonen. Mit 4 Tafeln. 1883. Preis ℳ 3 20. (Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVII. Bd. 8. Heft.)

Müller, Fr., Ueber die **diagnostische Bedeutung der Tuberkelbacillen.** 1883. Preis 60 ₰. (Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVIII. Bd. 1. Heft.)

Sandberger, F., **Neue Beweise für die Abstammung der Erze aus dem Nebengestein.** 1883. Preis 80 ₰. (Sep.-Abdr. aus den Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVIII. Bd. 2. Heft.)

Krukenberg, Ueber die **Hyaline.** 1883. Preis ℳ 1.40. (Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVIII. Bd. 3. Heft.)

Föhr, G. Fr., Die **Phonolite des Hegau's** mit besonderer Berücksichtigung ihrer chemischen Constitution. 1883. Preis ℳ 2. (Sep.-Abdr. aus den Verhandl. d. W. Phys.-med. Ges. XVIII. Bd. 4. Heft.)

Kölliker, A., Die **Aufgaben der anatomischen Institute.** Eine Rede, gehalten bei der Eröffnung der neuen Anatomie zu Würzburg am 3. November 1883. Preis 60 ₰ (Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVIII. Bd. 5. Heft.)

Gerhardt-Hausmann, **Beobachtungen über das gelbe Fieber** Mit 1 Tafel. 1884. (unter d. Presse) (Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVIII. Bd. 6. Heft.)

Gad, **Einiges über Centren und Leitungsbahnen am Rückenmark des Frosches** mit einem Excurs über Leitungsbahnen am Rückenmark im Kaninchen. Mit 2 Tafeln. (unter der Presse) Sep.-Abdr. aus d. Verh. d. W. Phys.-med. Ges. XVIII. Bd. 8. Heft.)

In gleichem Verlage ist ferner erschienen:

Die ärztliche Prüfung und Vorprüfung

(Staatsexamen und Tent. phys.) im Deutschen Reiche.

Bekanntmachung vom 2. Juni 1883, nebst Anhang: die einschlägigen §§ aus der Gewerbe-Ordnung enthaltend.

1883. 2 Bogen elegant brosch. Preis 50 ₰

Einiges über Centren und Leitungsbahnen im Rückenmark des Frosches

mit einem Excurs über Leitungsbahnen im Rückenmark von Kaninchen und Katze

nach Versuchen, an denen die Herren Dr. *C. Wegele*, Stud. *Hirsch*, und Stud. *Fuhr* Theil genommen haben,

dargestellt von

Dr. JOHANNES GAD,

Assistent am physiologischen Institut zu Würzburg.

(Mit 2 Tafeln.)

§ 1. Zur Frage nach directen motorischen Leitungsbahnen im Rückenmark des Frosches.

Nachdem die Zählungen von *Stilling* gelehrt hatten, dass etwa doppelt soviel Nervenfasern durch die Wurzeln in das Rückenmark eintreten, als mit den weissen Strängen in das verlängerte Mark gelangen, musste die einst lebhaft verfochtene Meinung, dass alle Rückenmarksnerven im Hirn ihren ausschliesslichen Ursprung besässen, definitiv fallen gelassen werden. Man war seitdem geneigt, sich zu der entgegengesetzten Ansicht zu bekennen, das heisst, für jede Spinalnervenfaser eine centrale, durch eine Ganglienzelle repräsentirte, Endigung innerhalb des Rückenmarkes selbst vorauszusetzen, ohne dass man jedoch hierin zu einer festen Ueberzeugung gelangen konnte.

Am übersichtlichsten schienen, seit der Aufstellung des *Deiters*'schen Schemas der grossen Ganglienzellen der Vorderhörner,[1]) die Verhältnisse für die Nervenfasern der vorderen Wurzeln zu sein, da die Annahme sehr nahe lag, dass jede dieser Fasern, kurz vor ihrem Austritt aus dem Rückenmark, aus dem Axencylinderfortsatz einer solchen Zelle entstände. Dieser Annahme sich ohne Weiteres hinzugeben, verhinderten aber doch einige gewichtige Thatsachen. *Kölliker* hat bekanntlich gezeigt, dass aus den motorischen Wurzeln markhaltige Fasern, ohne Unterbrechung durch Ganglienzellen, quer zur vorderen Commissur und nach Durchsetzung derselben zum Seitenstrang der

[1]) *O. Deiters* Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark des Menschen und der Säugethiere. Braunschweig 1865. S. 56.

anderen Seite ziehen, wo sie nach oben umbiegen. *Meynert* und *Huguenin* haben die Ansicht vertreten, dass Fasern des Facialis und Hypoglossus bei den entsprechenden Kernen der Medulla oblongata vorbei in der Richtung zum Hirn ziehen, ohne wie die übrigen Fasern mit Ganglienzellen der Kerne des verlängerten Markes in Verbindung zu treten. — *Meynert* bezeichnet diese Fasern als „directe" oder „Willkürfasern". Die Mehrspältigkeit der centralen Projection anatomisch einheitlicher Muskeln ist principiell an dem Beispiel des musculus rectus internus des Auges erwiesen. Die Muskelfasern jedes graden inneren Augenmuskels haben zum Theil im Oculomotorius-Kern derselben Seite, zum Theil im Abducenskern der entgegengesetzten Seite ihre centrale Projection.[1]) Wir haben es hier sicher mit einer besonderen Art von centraler Einrichtung für Bewegungs-Coordination zu thun, welche ich als Coordination durch räumliche Zusammenordnung der motorischen Ganglienzellen bezeichnen möchte im Gegensatz zu einer andern Art centraler Coordinationseinrichtung, welche wir im Verlaufe dieser Untersuchung beim Frosch realisirt finden werden.

Nach den angeführten Erfahrungen kann man es keinesfalls als ein, den Aufbau des Centralnervensystems beherrschendes Princip anerkennen, dass jede motorische Nervenfaser in dem ihrem Körpersegment entsprechenden Theil des Centralorgans ihre centrale Endigung in einer Ganglienzelle findet, ja man muss sich sogar die Frage offen halten, ob nicht die Nervenfasern, welche denselben Muskel versorgen mit ihren ersten centralen Endigungen Projectionssystemen verschiedener Ordnung angehören, je nachdem sie reflectorisch, automatisch oder willkürlich erzeugte Erregungen dem Muskel mitzutheilen haben.

Für einen Theil der Nervenfasern der hinteren Rückenmarkswurzeln hat man es wohl als ein physiologisches Postulat ansehen zu müssen geglaubt, einen weder durch Ganglienzellen noch durch Fasernetze unterbrochenen Verlauf durch das Rückenmark hindurch und bis zum Centralorgan des Tastsinnes anzunehmen, da ohne diese Annahme das Erscheinen bestimmt lokalisirter Tastempfindungen im Bewusstsein, kaum zu verstehen

[1]) *M. Duval* et *J. V. Laborde* De l'innervation des mouvements associés des globes oculaires. Journ. de l'anat. et de la physiol. VI. p. 56. — *G Graux*, De la paralysie du moteur oculaire externe avec déviation conjuguée. Thèse Paris 1878 p. 99.

sei. In Betreff der centralen Leitungsbahnen der motorischen Erregungen liegt eine ähnliche Nöthigung jedesfalls nicht vor. Man kann sich sehr gut denken, dass die motorische Ganglienzelle des Projectionssystems niederster Ordnung als Schaltstück für den einfachsten Reflexvorgang und auch für die Uebertragung der aus Systemen höherer Ordnung zugeleiteten Erregungen auf dieselbe Muskelfaser dient. Da ich nachgewiesen habe,[1]) dass jede central partielle Erregung eines Muskels auch peripher partiell bleibt, so muss eine solche Einrichtung, bei welcher dieselbe Muskelfaser reflectorisch, automatisch und willkürlich erregt werden kann, zweckmässiger erscheinen als jede andere, bei welcher jeder Muskel nur mit einem Theil seiner Fasern zu Reflex- mit einem anderen zu Willkürbewegungen benutzt werden könnte. Im Interesse der Coordination functionell zusammengehöriger Muskeln hat die Mehrspältigkeit der centralen Projection anatomisch einheitlicher Muskeln einen guten Sinn, indem die centrale räumliche Zusammenordnung desselben Muskels mit anderen in mehreren Combinationen der Leichtigkeit seiner Verwendung für verschiedene Zwecke nur zu Gute kommen kann. Da die sich hieraus ergebende centrale und periphere partielle Erregung des anatomisch einheitlichen Muskels auch der feineren Abstufung der zu entwickelnden Spannungen und der Oekonomie der Kräfte dient, so findet der scheinbare Luxus in Anlage motorischer Elemente durch alle diese Rücksichten seine Rechtfertigung. Zu der Annahme aber, dass die Verschwendung soweit getrieben sei, dass von den Fasern desselben Muskels die einen nur dem einfachen Reflex, andere nur der Automatie, noch andere nur der Willkür dienten, haben wir keine Veranlassung. Diese Annahme wäre aber identisch mit derjenigen von der Vertheilung der centralen Projection des Muskels auf Projectionssysteme verschiedener Ordnung, wie eben aus der Thatsache folgt, dass jede central partielle Erregung auch innerhalb des Muskels partiell bleibt. Die Erkenntniss dieser Thatsache ist also wohl geeignet, das allgemeinere Vorkommen von „directen“ oder „Willkürfasern“ als sehr unwahrscheinlich hinzustellen.

Insofern ein Muskel unter dem Einfluss des Willens in einer auch sonst geläufigen Muskel-Combination in Thätigkeit ge-

[1]) Ueber einige Beziehungen zwischen Nerv, Muskel und Centrum. Festschrift zur dritten Säcularfeier der Alma Julia Maximiliana, gewidmet von der medizinischen Facultät Würzburg Bd. II S. 45.

räth, wird gewiss eine im Interesse dieser Combination etwa vorhandene räumliche Coordination von Ganglienzellen dieses Muskels mit denen der anderen an der Combination betheiligten benutzt, besondere Leitungsbahnen, welche an den Ganglienzellen dieser räumlichen Coordination vorbei und ohne durch sie unterbrochen zu werden von einem Projectionssystem höherer Ordnung bis zum Muskel durchgingen, hätten keinen Sinn. Aber auch wo es sich um willkürlich erlernte besondere Combinationen von Muskelthätigkeiten handelt, wovon die willkürliche ausschliessliche Innervation eines einzelnen Muskels ein besonderer und zwar der localisirten Tastempfindung sehr ähnlicher Fall ist, wird die Annahme directer Leitungsbahnen durch das Bedürfniss nach Verständniss nicht postulirt. Im Gegentheil, wenn wir beobachten, was bei dem Erlernen solcher aussergewöhnlichen und besonders der auf einen einzelnen Muskel beschränkten Innervationen in uns vorgeht, so merken wir, dass die auf den vorgestellten Zweck gerichtete Intention zunächst durch Muskelactionen bald in der einen, bald in der anderen geläufigen Combination beantwortet wird und dass die dem Zweck entsprechende reine Bewegung bei fortschreitender Uebung nach und nach dadurch zu Stande kommt, dass immer mehr unzweckmässige Mitbewegungen unterdrückt werden. Haben wir gelernt, bei gewisser mässiger Innervationsintensität die neue Bewegung rein auszuführen und steigern wir nun den Bewegungsimpuls, so treten zunächst wieder Mitbewegungen auf, welche meist anderen Combinationen geläufiger Bewegungen entsprechen als die, welche beim ersten Erlernen zu überwinden gewesen waren. Wir bekommen durchaus den Eindruck als wenn die zum Zweck des Erlernens der neuen Bewegung besonders gangbar zu machenden Bahnen keine neuen, bis dahin unbenutzten sind, sondern als wenn sie zu verschiedenen, bis dahin in anderem Zusammenhange benutzten Bahncombinationen gehören.

Die Annahme directer Willkürbahnen ist also weder ein physiologisches Postulat noch würde sich die mit der Realisirung solcher Bahnen verknüpfte Verschwendung in der Anlage und Unterhaltung motorischer Elemente durch compensirende Zweckmässigkeits-Rücksichten erklären lassen. Auch hat sich die Existenz von directen Willkürbahnen im Rückenmark dort nicht geltend gemacht, wo man es wohl hätte erwarten können. Bekanntlich ist es nicht gelungen bei absteigenden Degenerationen

in den Pyramiden-Seitenstrangbahnen, degenerirte Fasern bis in die motorischen Wurzeln zu verfolgen oder solche in peripheren Nerven nachzuweisen. Nichtsdestoweniger wird es durch die Schwierigkeit der Frage, sowie durch ihre fundamentale Wichtigkeit vollkommen gerechtfertigt erscheinen, wenn man sich weder bei dem Ergebniss allgemeiner Betrachtungen noch bei dem negativen pathologisch-anatomischen Befunde beruhigt, sondern immer wieder nach Thatsachen sucht, aus denen sich eine directe Beantwortung der Frage ergeben könnte.

Bei dem neuesten Versuch, in dieser Richtung vorzudringen, hat man sich, wie einst *Stilling*, an die Zählmethode gewandt. *Birge* hat unter *Gaule's* Leitung im physiologischen Institut zu Leipzig mit sehr dankenswerthem Fleisse das Zahlenverhältniss zwischen den Fasern in den vorderen Wurzeln und den grossen Ganglienzellen der Vorderhörner des Rückenmarkes vom Frosch festzustellen gesucht. [1]) Er findet die verglichenen Zahlen wesentlich gleich und er schliesst daraus, dass jeder motorischen Wurzelfaser eine grosse Ganglienzelle entspreche und dass durch das Zählungs-Resultat die Existenz durchgehender motorischer Fasern mit Sicherheit ausgeschlossen sei.

Setzen wir zunächst die Richtigkeit der Zählung voraus, so würden wir doch die Bündigkeit des aus ihrem Resultat gezogenen Schlusses nur anerkennen können unter der Annahme der absoluten Giltigkeit des *Deiters*'schen Schema's für die grossen Ganglienzellen des Frosch-Rückenmarkes. Wenn jede dieser Zellen einen und nur einen *Deiters*'schen Axencylinderfortsatz hat, dann ist der Schluss streng. Die Anwendbarkeit des *Deiters*'schen Schema's auf alle grossen Ganglienzellen der Vorderhörner des Rückenmarkes ist doch aber kein Axiom von absoluter Giltigkeit. Muss man in der Anwendung dieses Schema's nicht vorsichtig sein, wenn ein so umsichtiger und unbefangener Forscher wie *Stieda* offen bekennt, nie einen *Deiters*'schen Axencylinder-Fortsatz gesehen zu haben.[2]) Dass ein solcher Fortsatz an Ganglienzellen des Frosches überhaupt schon beschrieben worden sei, ist mir nicht bekannt.

A priori scheint es mir nicht einmal besonders wahrschein-

[1]) *E. A. Birge.* Die Zahl der Nervenfasern und der motorischen Ganglienzellen. du *Bois-Reymond's* Archiv 1882 S. 435.

[2]) *L. Stieda.* Studien über das centrale Nervensystem der Wirbelthiere Zeitschr. f. wissensch. Zoologie XX. S. 424

lich zu sein, dass alle grossen Ganglienzellen des Frosch-Rückenmarkes gleichwerthig unter einander sind. Durch die Mannigfaltigkeit von coordinirten Bewegungen, deren der unterhalb der Medulla oblongate decapitirte Frosch noch fähig ist, wird die Annahme nahe gelegt, dass unter diesen Zellen coordinirende Elemente sind, (Sammelzellen, *Stieda*[1]) die gar nicht direct, sondern erst durch Vermittlung anderer Ganglienzellen (Wurzelzellen, *Stieda*) mit den motorischen Wurzelfasern zusammenhängen. Der Coordination von Bewegungen würde es auch zu Gute kommen, wenn die motorische Ganglienzelle unterster Instanz mit mehr als einer motorischen Wurzelfaser zusammenhinge. In Anbetracht dieser, durchaus nicht unwahrscheinlichen Möglichkeiten[2]) kann der von *Birge* aus seinen Zählungs-Resultaten gezogene Schluss gegen die Existenz durchgehender Rückenmarksfasern nicht als bindend anerkannt werden.

Aber auch gegen die Zählungs-Resultate selbst müssen ernste Einwendungen erhoben werden. Abgesehen davon, dass die Uebereinstimmung in den Zahlen erst erzielt worden ist, nachdem zu den grossen Ganglienzellen auch kleinere, nicht genau definirte und wohl kaum genau definirbare Elemente hinzugezählt wurden, worüber in der Abhandlung wenigstens so gut wie möglich Rechenschaft gegeben ist, hat eine andere Fehlerquelle in der Darstellung gar keine Berücksichtigung gefunden, so dass man über ihre Tragweite dort auch gar keine Auskunft erhält.

Während der Gefahr ausdrücklich gedacht wird, dass zu grosse Dicke der Schnitte die Anzahl der Ganglienzellen zu klein erscheinen lassen könnte wegen der Möglichkeit der theilweisen optischen Deckung übereinander gelegener Zellen hat der Verfasser es unterlassen, anzugeben, wie er sich davor geschützt hat, dieselbe Ganglienzelle doppelt zu zählen, wenn sie in zwei aufeinanderfolgenden Schnitten mit erheblichen Theilen ihres grossen Körpers repräsentirt ist. Da die Dimensionen der grossen Ganglienzellen[3]) die Dicke, welche *Birge* seinen Schnitten gegeben hat,[4])

[1]) l. c. S. 433.

[2]) Es ist gewiss beherzigenswerth, dass *R. Wagner* aus grossen Zellen der elektrischen Lappen im Gehirn von Torpedo nicht nur, wie in der Regel je eine „echte Nervenfibrille", sondern gelegentlich auch deren zwei entspringen sah. Göttinger Nachrichten 1851 No. 14, citirt bei *Deiters* a. a O. S. 57.

[3]) 0,040 mm im Mittel in der Längsaxe des Rückenmarks nach *Stieda* l. c. Seite 279.

[4]) 0,020 mm l. c. Seite 447.

um das Zweifache übertreffen, so muss das angedeutete Vorkommniss häufig eingetreten sein. Vor dem Doppeltzählen wird man sich in der grösseren Mehrzahl von Fällen dadurch allerdings wohl schützen können, dass man ein ganglienzellenartiges Gebilde nur dann mitzählt, wenn man darin einen Kern von typischer Beschaffenheit constatirt hat. Dazu gehört aber mehr Musse und wahrscheinlich stärkere Vergrösserung als bei der Schnelligkeit des Durchzählens, auf welche Gewicht gelegt wurde, angewandt werden konnten. Wäre ein solches Kriterium benutzt worden, so hätte dies jedesfalls in der Darstellung ausdrücklich hervorgehoben zu werden verdient.

Ich habe mir an einem in Schnittserien zerlegten mit Carmin gefärbten Rückenmark vom Frosch durch eigene Anschauung ein Urtheil über den erörterten Punkt zu bilden gesucht. Die Dicke der Schnitte war dieselbe, wie sie *Birge* angewandt hatte. Ich betrachtete dieselben zunächst bei einer Vergrösserung von 60:1 und übte mich im schnellen Durchzählen dessen, was mir bei unbefangener Beobachtung als grosse Ganglienzelle imponirte. Dann fertigte ich von einer Reihe aufeinanderfolgender Schnitte mit Hilfe des Zeichen-Apparates Abbildungen auf Curvenpapier und zeichnete mit besonderer Aufmerksamkeit alles das ein, was ich als Ganglienzelle gezählt hatte. Untersuchte ich nun bei stärkeren Vergrösserungen jedes dieser Gebilde auf das Vorhandensein eines typischen Kernes, so fand sich eine gewisse Zahl darunter, welche desselben entbehrten. (Vgl. Fig. 2 Taf. V) Da sich mit Hilfe des Curvenpapieres correspondirende Punkte aufeinanderfolgender Zeichnungen leicht finden liessen, so zeigte es sich, dass die kernlosen Gebilde grosse abgeschnittene Theile von Ganglienzellen waren, deren kernhaltige Theile im benachbarten Schnitt lagen.

So viel aus meinen, bisher allerdings nicht sehr ausgedehnten, Zählungen unter Anwendung dieser Kriterien hervorgeht, würde ich bei schnellem und unbefangenem Durchzählen etwa 40 % der grossen Ganglienzellen doppelt zählen. Ob dies Verhältniss auch für die Zählungen des Herrn *Birge* zutrifft, muss ich dahin gestellt sein lassen, als das wahrscheinlichste Resultat muss ich es aber betrachten, dass in der That erheblich mehr motorische Wurzelfassern als grosse Ganglienzellen der Vorderhörner beim Frosch vorhanden sind. Keinesfalls enthält die

Arbeit von *Birge* einen überzeugenden Beweis gegen die Existenz durchgehender motorischer Fasern.

Haben wir nun auch überhaupt die Verhältnisszahl zwischen motorischen Wurzelfasern und grossen Ganglienzellen der Vorderhörner als ungeeignet erkannt, um aus derselben, selbst wenn sie uns mit Sicherheit bekannt wäre, einen Schluss auf Existenz oder Nichtexistenz der durchgehenden motorischen Fasern zu ziehen, so würde diese Zahl doch dann grosses Interesse gewinnen, wenn wir auf anderem Wege das Vorhandensein durchgehender Fasern ausschliessen könnten. Für den Frosch ist mir nun dieser Ausschluss wie mir scheint mit einiger Sicherheit gelungen.

Gäbe es durchgehende Fasern im Rückenmarke des Frosches, so würde es bei elektrischer Reizung des von der Medulla oblongata abgetrennten Brustmarkes voraussichtlich gelingen, Reactionen vom Hinterthier zu bekommen, deren Beginn nur durch die gewöhnliche Fortpflanzungszeit der Erregung im Nerven von dem Reizmoment getrennt wäre. Man sollte erwarten, dass ein derartiger Erfolg, wenn überhaupt so am ersten dann unter Anwendung zeitmessender Methoden nachzuweisen wäre, wenn man den entsprechend belasteten Schreibhebel eines Myographions mit den äussersten Zehenspitzen der Hinterextremitäten verbände, da auf Reizung des obersten Brustmarkes des Frosches stets Anziehen der Beine mit Beugung im Knie und Fussgelenk erfolgt.[1])

Ich habe nun sehr häufig, zu verschiedenen Jahreszeiten, an frisch gefangenen und länger aufbewahrten Exemplaren von Rana esculenta und temporaria, Versuche nach dem angedeuteten

---

[1]) Obgleich Versuchsreihen von *Cyon*, *Exner* und *Langendorff* vorliegen über die Zeit, welche die Erregungswelle für ihren Ablauf durch das Rückenmark des Frosches von der Medulla oblongata bis zum Austritt durch die motorischen Wurzeln des Lumbalplexus braucht, so konnte ich mich der Anstellung eigener Versuche nach neuem Plan doch nicht überhoben fühlen. Die genannten Forscher haben für diese Erregungsleitung, abgesehen von erheblichen Differenzen in den absoluten Werthen, allerdings das Uebereinstimmende gefunden, dass sie mehr Zeit braucht, als sie in einem gewöhnlichen motorischen Nerven brauchen würde. Was mich aber hindert, dieses Versuchs-Resultat ohne Weiteres in der Frage nach der Existenz durchgehender Fasern zu verwerthen, ist der Umstand, dass in allen Versuchsreihen nur mit einzelnen Muskeln, wie es scheint sogar nur einzig und allein mit dem Wadenmuskel operirt worden ist. — Vergl. *Cyon* Bulletin de l'Acad. imp. des sciences de St. Petersbourg 1874 S. 394 — *Sigm. Exner* Pflüger's Archiv VIII, 532. — *O. Langendorff* und *L. Krawzoff* in du Bois-Reymond's Archiv 1879 S. 90.

Plan und zwar bei Reizung durch den Oeffnungs-Inductionsschlag und durch das Schliessen eines constanten Stromes angestellt — aber ausnahmslos mit dem Erfolg, dass die bei Reizung der Plexus lumbales erhaltenen Curven um ein bedeutend grösseres Stück den bei Reizung des Rückenmarkes in der Gegend der zweiten Wurzel gezeichneten vorangingen, als der Erregungsleitung in einer gewöhnlichen motorischen Nervenfaser entsprochen haben würde. Neuerdings hat Herr Studiosus *Fuhr* unter meiner Leitung diese Versuche wiederholt und zwar mit dem gleichen Erfolg.

Die Versuche wurden in folgender Weise angestellt. Der Frosch wird durch Einführen eines scharfen spitzen Messers zwischen Hinterhaupt und Atlas decapitirt, dann werden die Bauchdecken, die Baucheingeweide und der Kopf entfernt und die beiderseitigen längsten Zehen an ihren Spitzen zusammengebunden. Behufs Fixirung des Präparates wird die eine Darmbeinschaufel freipräparirt und trocken geschabt. Nach diesen Vorbereitungen kann der obere (proximale) Theil des Rückenmarks freigelegt werden.

Indem ich die Wirbelsäule mit einem Tuch zwischen Zeigefinger und Daumen der linken Hand fest fasse, schneide ich mit einer spitzen aber kurzarmigen und starken Scheere zunächst die seitlichen Verbindungen des ersten Wirbelkörpers mit seinem Wirbelbogen durch, indem ich die Scheerenspitze vorsichtig in den nach vorn geöffneten Wirbelcanal einführe, luxire diesen Wirbelkörper mit einer starken Pinzette nach vorn und schneide ihn dann vollends ab. Ebenso verfahre ich dann mit dem zweiten, dritten und vierten Wirbelkörper. Mit derselben Scheere entferne ich noch Alles, was etwa rechts und links längs des Rückenmarkes stehen geblieben ist, wobei dann auch alle Wurzeln bis zur fünften durchschnitten werden, so dass das freigelegte Rückenmark auf den im Zusammenhang gebliebenen Wirbelbögen in einer seichten Rinne ruht, aus welcher es sich mit einem angefeuchteten Glasstäbchen leicht und schonend hervorhebeln lässt.

Die Zuckungscurven wurden auf der Platte des Pendelmyographions aufgezeichnet, welcher gegenüber das Präparat an einem festen Stativ, durch Fassen der trocken geschabten Darmbeinschaufel mit einer Muskelklemme, aufgestellt wurde. Der ziemlich masselose Zeichenhebel wurde sehr nah seiner Drehaxe mit dem die Zehenspitzen umschlingenden Faden verbunden.

Als Belastung wirkte, ausser dem Gewichte der Pfoten selbst, die beiläufig schwache Spannung einer Feder. Bei Reizung mit dem Inductionschlag war die untere Elektrode stets zur Erde abgeleitet. Schliessung des constanten Stromes wurde bewirkt, indem, wie beim *Krille*'schen Unterbrecher, ein an dem Pendel befestigtes Glimmerblatt einen zwischen zwei gegenüberstehenden Capillarröhren ausgespannten Quecksilberfaden, welcher als Nebenleitung zur Kette eingeschaltet war, durchschlug. Sollte das Rückenmark gereizt werden, dann wurde es so auf die metallischen Elektroden von ca. 1 mm Spannweite gelegt, dass die 2. Wurzel zwischen den Elektroden lag. Bald wurde das Rückenmark mit der ventralen, bald mit der dorsalen Oberfläche den Elektroden aufgelegt, ohne dass sich je nach dieser verschiedenen Lagerungsweise ein Unterschied im Erfolg ergeben hätte.[1]) Die Plexus wurden Behufs Reizung nicht durchschnitten, sondern so auf die metallischen Elektroden gelegt, dass sie in leichtem Bogen zu denselben durch die Luft gingen. So konnte wiederholt zwischen Reizung des Rückenmarkes und des Plexus abgewechselt werden.

Durch einen Einwand könnten die bei der bisher beschriebenen Versuchs-Anordnung gewonnenen Resultate in ihrer Verwerthbarkeit für die gezogene Schlussfolgerung beeinträchtigt werden. Der Moment, in welchem sich die Zehenspitze zu erheben beginnt, ist allerdings in erster Linie bedingt durch das Eintreten der Contraction in irgend welchen, die Hinterextremitäten in einem ihrer Gelenke beugenden Muskelfasern. Würden vorher irgend welche streckenden Fasern, selbst in geringem Masse erregt, so könnte dies auch nicht der Beobachtung entgehen, es müsste sich durch ein vorher eintretendes Sinken der Zeichenspitze kenntlich machen. Nun könnte aber der Fall eintreten, dass sehr frühzeitig beugende und streckende Fasern gleichzeitig und in ungefähr gleichem Masse erregt würden. Davon würden wir Nichts wahrnehmen. Diesen Einwand nun habe ich dadurch entkräftet, dass ich bei einer grossen Zahl von Präparaten den Antagonis-

[1]) Herr *M. Mendelsohn* glaubt eine Verzögerung des Erfolges nach Reizung der dorsalen Hälfte gegen den Erfolg nach Reizung der ventralen Hälfte nachgewiesen zu haben (du Bois-Reymonds Archiv 1883 S. 281), gegen welchen Nachweis ich jedoch das Bedenken erhoben habe, dass er bis jetzt nicht durch Versuchsresultate belegt ist, die bei einzelnen Momentreizen gewonnen sind. (Ebenda S. 438.) Mit Bezug auf dieses Bedenken vergleiche: *Heidenhain* in Pflügers Archiv XXVI, S. 146.

mus zwischen Beugern und Streckern durch Exstirpation von Stücken des Os femoris und der Tibia aufgehohen habe. Diese Operation lässt sich nach Anhringung kurzer Hautschnitte mit fast vollkommener Schonung der Muskeln ausführen, so dass die Empfindlichkeit des Präparats gar nicht leidet. An so hergerichteten Präparaten muss sich die heginnende Contraction in irgend welchen Fasern der Beinmuskulatur sofort durch Erhehen der Zeichenspitze äussern, aher der Erfolg der Versuche an so „entknochten" Praeparaten war derselhe wie der an „unentknochten".

Es ist von vornherein zu erwarten, dass hei dem geschilderten Versuchs-Verfahren die Länge der Strecke zwischen der Marke des Reizmomentes und der ersten wahrnehmbaren Erhehung der Zeichenspitze in erheblicher Weise von der Erregungsgrösse der Muskeln abhängen wird. Mit einander vergleichbar sind deshalb, hier noch mehr wie anderwärts, nur Curven von gleicher Höhe des Maximums, oder da wir in erster Linie Gewicht auf die Thatsache einer ausnahmslosen erhehlichen Verzögerung bei Reizung des Rückenmarks — weniger auf den genauen Werth dieser Verzögerung — legen, auch Curvenpaare, hei denen das Maximum nach Rückenmarksreizung höher ist als nach Plexusreizung. Der aus Vergleichung solcher Curvenpaare gezogene Schluss wirkt a fortiori.

Man weiss, dass es nicht leicht ist, hei Reizung desselhen Muskels von verschiedenen Stellen des Nerven aus, gleiche Zuckungshöhen zu erhalten. Erhehlich grösser ist die Schwierigkeit natürlich hei dem für die vorliegenden Versuche gehotenen Verfahren. Die Versuchsergebnisse stellen sich desshalh nicht häufig in so übersichtlicher Weise dar, wie z. B. in Curve I Taf. IV, welche eine vollkommene Versuchsreihe in treuer Copie wiedergiebt, wenn man nicht von vornherein auf ungefähre Gleichheit der Zuckungshöhen verzichtet, wie in demjenigen Versuch geschehen ist, den die vom Lithographen nach dem Original copirte Curve VI Taf. IV darstellt. Die übrigen Curvenpaare, deren Wiedergahe ich zur Illustration der im Text hesprochenen Versuchsvariationen für zweckmässig hielt (Curve II—V), habe ich aus Versuchsreihen, die ein weniger übersichtliches Gesammthild zeigen, entnommen und nach meiner genauen Copie lithographiren lassen. Die zur Beurtheilung erforderlichen Einzelnheiten betreffs der Versuchshedingungen sind aus der Tafelerklärung zu entnehmen.

Für diejenigen, die sich lieber aus Zahlen als aus der unmittelbaren Anschauung der Ergebnisse graphischer Methoden ein Urtheil bilden, habe ich eine Versuchsreihe ausgemessen resp. berechnet und aus den gewonnenen Zahlen folgende Tabelle zusammengestellt:

Tabelle.

4/6. 83. Rana esculenta, frisch aus dem Main. Präparat nicht entknocht. Reizung durch einzelnen Oeffnungs-Inductionsschlag. Gruppe: A. Plexus-Reizung, starker Reiz; B. Rückenmarks-Reizung, starker Reiz; C. Plexus-Reizung, schwacher Reiz; D. Rückenmarks-Reizung, schwacher Reiz.

Gruppe	No.	Dauer des Lateuz-Stadiums in $^1/_{1000}$ Sec.		Höchste Erhebung der Zeichenspitze in Mm.	
A	1	17,0	Mittel: 17,6	68	Mittel: 69,6
	2	18,0		70	
	3	18,5		70	
	4	17,5		69	
	5	17,0		71	
B	1	23	24,0	69	68,4
	2	24		68	
	3	25		67	
	4	23		70	
	5	25		68	
C	1	19	19,1	26,5	24,1
	2	19		25	
	3	19,5		21	
D	1	27	27,8	26	19,7
	2	28		18	
	3	28,5		15	

Beiläufig sei bemerkt, dass die Curven A B C D der Curve II je einer entsprechenden Gruppe der in der Tabelle wiedergegebenen Versuchsreihe entnommen sind.

Die mitgetheilte Tabelle gibt in Zahlen eine gute Vorstellung von den vorliegenden Verhältnissen. Mehr als die eine Versuchsreihe auszumessen, habe ich nicht der Mühe werth gehalten, da ich den genaueren Zahlenangaben kein grosses Gewicht beilege und da jedesfalls so viel schon aus der einfachen Betrachtung der Curven selbst hervorgeht, dass die Verzögerung

im Rückenmark mindestens den fünffachen Werth hat, als die Leitung durch motorische Nervenfasern von der gleichen Länge (1 bis 1½ Centimeter) entsprechen würde. In der der Tabelle zu Grunde liegenden Versuchsreihe betrug die Verzögerung für starke Reize 6,4 Tausendstel Secunden (Mittel B weniger Mittel A), für schwache Reize 8,7 (Mittel D weniger Mittel C). Die Verzögerung in einer gleich langen Strecke eines motorischen Nerven würde höchstens ein Tausendstel Secunde betragen haben.

Ich brauche wohl kaum zu erwähnen, dass es wenige so geschickte und umsichtige Experimentatoren geben wird, denen bei häufiger Wiederholung der beschriebenen Versuche nicht Resultate begegnen sollten, welche den Mangel jeder Verzögerung im Rückenmark vortäuschten. Auch mir ist es so gegangen, aber in den wenigen Fällen gelang es mir unschwer, die Fehlerquellen — namentlich Stromschleifen und unipolare Abgleichungen — aufzufinden und nach deren Abstellung die gewöhnlichen Resultate zu erhalten. Recht lehrreich war mir in dieser Beziehung die Nachuntersuchung, welche unter meiner Leitung Herr stud. *Fuhr* angestellt hat, in dessen ersten Versuchen der Mangel jeglicher Verzögerung überwog, der aber bald lernte, die Fehlerquellen zu vermeiden und dann nur noch mit den meinigen übereinstimmende Resultate erhielt. Ein Beispiel der von ihm gewonnenen Zeichnungen habe ich in Curve III mitgetheilt.

Für mich steht es also nach dem Resultat der mitgetheilten Versuche fest, dass im oberen Theile des Rückenmarks vom Frosch elektrisch keine Fasern erregt werden, also auch wohl nicht existiren, die unmittelbare Fortsetzungen der motorischen Wurzelfasern des Lumbalplexus sind. Welcherlei Elemente waren es nun, die bei meinen Versuchen, im oberen Theil des Rückenmarks elektrisch gereizt, ihre Erregung mit einer Verzögerung von wenigstens 5 Tausendstel Secunden den motorischen Wurzelfasern des Lumbalplexus mitgetheilt haben? Dass es sensible Wurzelfasern des Armgeflechts gewesen seien, wird keiner geneigt sein anzunehmen, der sich von der Schwierigkeit überzeugt hat, durch elektrische Einzelreize vom Armgeflecht aus Reflexbewegungen in den Beinen zu erzielen. Die vom Reiz angesprochenen Elemente können wohl nur Rückenmarkszellen oder intercellulare Rückenmarksfasern (fibrae propriae intercellulares medullae spinalis) oder motorische Leitungsbahnen aus Hirn und Medulla oblongata gewesen sein. Letztere Elemente

interessiren uns hier am meisten. Vorhanden sind sie im oberen Theil des Rückenmarkes gewiss und dass sie weniger leicht erregt werden sollten, als die anderen genannten Elemente, ist kein Grund anzunehmen. Allen Analogieen gemäss wäre man zu dieser Annahme am wenigsten berechtigt, wenn diese Bahnen ununterbrochene Fortsetzungen motorischer Wurzelfasern wären. In diesem Falle hätten sie gewiss erregt und hätte ihre Erregung durch die, ebenfalls nach allen Analogien zu erwartende grössere Geschwindigkeit in der Erregungsleitung verrathen werden müssen. Die motorischen Leitungsbahnen aus Hirn und verlängertem Mark sind also entweder nicht erregt worden, was an sich sehr gegen ihre directe Fortsetzung in motorische Wurzelfasern sprechen würde, oder sie sind erregt worden und dann ist aus der Verzögerung in der Erregungsleitung mit grosser Wahrscheinlichkeit auf eine intramedulläre Unterbrechung durch andere Elemente zu schliessen.

Sprechen nun meine Versuche mit grosser Wahrscheinlichkeit dafür, dass alle motorischen Leitungsbahnen aus Hirn und verlängertem Mark im Rückenmark überhaupt eine Unterbrechung erfahren, so ist kein Grund anzunehmen, dass unter den, die directe Leitung unterbrechenden Elementen je eine grosse motorische Ganglienzelle der Vorderhörner fehlen sollte, da über die direkte Verbindung motorischer Wurzelfasern mit diesen Manches, über solche mit kleinen Ganglienzellen oder gar mit dem Fasernetz der substantia spongiosa aber durchaus nichts bekannt ist. In der vorgeführten Schlussfolgerung, deren thatsächliche Grundlage ich etwas verbreitert habe, würde ich zur Zeit den besten Beweis für die, a priori wahrscheinliche Annahme sehen, dass jede motorische Faser der Rückenmarksnerven in einer grossen motorischen Ganglienzelle der Vorderhörner des Rückenmarkes wurzelt. Trotz der grossen Zahl von Analogieschlüssen und trotz des wiederholten Appells an die Wahrscheinlichkeit, die der Beweis enthält, scheint er mir doch einigermassen die Berechtigung zu erhöhen, auf der schlecht und recht, wie es eben zur Zeit möglich ist, bewiesenen Annahme weiter zu bauen.

Jetzt ist es an der Zeit, uns der Zählungen von *Birge* zu erinnern. Dass seine Zählung der motorischen Wurzelfasern mit einem erheblichen Fehler behaftet sei, ist kein Grund anzunehmen. Die an der Zählung der motorischen Ganglienzellen anzubringende Correctur habe ich schon besprochen, ebenso die Wahrscheinlich-

keit des Resultates, dass erheblich mehr motorische Wurzelfasern vorhanden sind als motorische Ganglienzellen. Mit je grösserer Sicherheit wir nun die Existenz directer motorischer Leitungsbahnen zwischen motorischen Wurzeln und Medulla oblongata ausschliessen können, um so grösser wird die Wahrscheinlichkeit, dass eine gewisse Anzahl der Ganglienzellen der Vorderhörner mehr wie je einer motorischen Wurzelfaser zum Ursprung dient. Diese Zellen könnten sehr zweckmässige coordinirende Elemente darstellen und ich würde mich gar nicht wundern, wenn sich schliesslich herausstellen sollte, dass von einer solchen Ganglienzelle aus Muskelfasern ein für allemal gemeinschaftlich innervirt würden, die zu anatomisch getrennten aber functionell zusammengehörigen Muskeln gehörten. Sollte sich bei wiederholten Untersuchungen das Vorkommen grober Anastomosen zwischen den motorischen Ganglienzellen, wie es durch die Beobachtungen von *Carrière*,[1]) *Besser*[2]) und *Willigk*[3]) principiell festgestellt ist, häufiger realisirt erweisen als man jetzt noch anzunehmen geneigt ist, so würde es von demselben Gesichtspunkte aus als zweckmässig aufzufassen sein. Im Interesse der Bewegungs-Coordination durch räumliche Zusammenordnung von motorischen Ganglienzellen könnte es nur liegen, wenn diese Zellen anastomosirten und, wenigstens zum Theil, mehr wie einer motorischen Nervenfaser zum Ursprung dienten. Wenn ich mich mit dieser Betrachtung etwas weit in das Gebiet der Hypothese hineinbewegt habe, so geschah es, um das Interesse zu veranschaulichen, welches erneute histologische Untersuchungen auf diesem Gebiet beanspruchen dürften.

§ 2. Excurs über Leitungsbahnen im Rückenmark von Kaninchen und Katze.

Dass ich in Vorstehendem das absprechende Urtheil über die Existenz durchgehender motorischer Leitungsbahnen nicht immer ausdrücklich auf das Rückenmark des Frosches eingeschränkt habe, geschah mit einigem Recht. Ich habe nämlich auch an Säugethieren mit ziemlicher Beharrlichkeit das Vor-

---

[1]) *J. Carrière* „Ueber Anastomosen der Ganglienzellen in den Vorderhörnern des Rückenmarkes (vom Kalbe) Arch. f. mikrosk. Anat. XIV. S. 125.

[2]) *Virchow*'s Archiv Bd. 36 S. 134.

[3]) Ebenda Bd. 64 S. 163.

handensein solcher Bahnen nachzuweisen versucht, aber stets ohne Erfolg. Plötzliche und möglichst totale Unterbrechung der Circulation im Rückenmark bei thunlicher Schonung der Circulation im Kopf und bei künstlich unterhaltener Lungenventilation scheint für Säugethiere die besten Mittel an die Hand zu geben, um etwa vorhandene ununterbrochene Leitungsbahnen im Rückenmark, nach Ausserkraftsetzen der übrigen zu demonstriren. Denn Leitungsbahnen des Rückenmarks, welche innerhalb der ersten 5 Minuten durch Anämie unwegsam gemacht werden, können wir nicht als directe Fortsetzungen peripherer markhaltiger Nervenfasern auffassen. Dass eine markhaltige Nervenfaser der weissen Stränge anders auf Anämie reagiren solle als eine solche im peripheren Nerven ist weit weniger wahrscheinlich, als dass Functionsstörungen, welche durch Anämie im Rückenmark wesentlich schneller herbei geführt werden wie in peripheren Nerven, in eingeschalteten Zellen oder Netzen markloser Fasern der grauen Substanz Platz greifen. Die so oft bestätigten Erfahrungen des einfachen *Stenson*'schen Versuches schienen mir aber doch nicht zu genügen. Allerdings spricht ja das Ausbleiben der willkürlichen und reflectorischen Bewegungen im Hinterthier nach Abklemmen der Bauch-Aorta, seitdem *Schiffer*[1]) die erste Phase dieses Erfolges auf Schädigung des Rückenmarkes selbst zurückgeführt hat, in verneinendem Sinne. Aber diese Verneinung bezieht sich doch eben nur auf das Hinterthier und ist auch nie mit Rücksicht auf die vorliegende Frage unter Anwendung aller möglichen Reactionen geprüft worden.

Kussmaul und *Tenner*[2]) haben bei ihrer classischen Arbeit über die Anämie des Gehirns auch Versuche mit Unterbrechung der Circulation im ganzen Rückenmark angestellt. Auch sie haben vollkommene Lähmung als Erfolg constatirt und in Bezug auf den Umfang des Eingriffs würden ihre Versuche genügen. Feinheiten konnten ihnen aber doch entgangen sein, da ihnen bei ihren Prüfungen unser Gesichtspunkt fern lag und da sie bei ihren Thieren nicht künstliche Respiration angewandt haben. Letzteres ist aber unbedingt erforderlich, denn nach Unterbindung

[1]) *J. Schiffer*, Ueber die Bedeutung des *Stenson*'schen Versuchs Centralbl. f. d. medic. Wiss. VII. S. 579.

[2]) *A. Kussmaul* und *A. Tenner*, Untersuchungen über Ursprung und Wesen der fallsuchtartigen Zuckungen. *Moleschott*, Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen. III. (1857) S 59.

des Aortenbogens ist die spontane Lungen-Ventilation erheblich beeinträchtigt.

In neuerer Zeit hat *S. Maier* wiederholt die hohe Aortenunterbindung zum Studium der Physiologie des Rückenmarks benutzt, aber er hat mehr den postanämischen Erscheinungen seine Aufmerksamkeit zugewendet. Er gelangt auf Grund seiner Versuche am Kaninchen[1]) zur Annahme von vasomotorischen Fasern, die aus dem verlängerten Mark ohne Unterbrechung durch anderweite Elemente das Rückenmark durchsetzen sollen. Postanämische Erscheinungen habe ich nicht selbst studirt, kann also auch über diese Fasern kein eigenes Urtheil fällen. Lassen wir den Beweis *S. Maier*'s gelten, wozu mir alle Veranlassung vorzuliegen scheint, so müssen wir diese vasomotorischen Fasern im Rückenmark des Kaninchens als die einzigen Fasern ansehen, deren ununterbrochener Verlauf durch das Rückenmark hindurch bisher constatirt ist. Beiläufig will ich hier bemerken, dass die Erklärung welche *S. Maier*[2]) für die auffallende Thatsache vorgeschlagen hat, dass plötzliche Circulationshemmung im ganzen Rückenmark, bei erhaltener Circulation im Kopf, bald Krämpfe als Initialerscheinung zeigt, bald nicht, mir nach Allem, was ich bei Rückenmarks-Anämie zu beobachten Gelegenheit hatte, durchaus annehmbar erscheint.

Auch *Vulpian* und *Couty* haben Anämie des Rückenmarkes zu erzeugen gesucht, um aus deren Erfolgen Schlüsse auf die Natur der Betheiligung dieses Organs an den Erregungsvorgängen zu ziehen. Was den scheinbar vollkommenen Ausfall des motorischen Erfolges von Hirnrindenreizung anlangt, so kann ich *Couty*'s[3]) Angabe durchaus bestätigen, aber wenn alle aus der Hirnrinde stammenden motorischen Leitungsbahnen, abgesehen von sonstigen Unterbrechungen, auch im Rückenmark eine Unterbrechung erführen, so brauchte dies doch nicht für alle aus den Hirnganglien oder aus der Medulla oblongata entspringenden zu gelten. Ausserdem will *Vulpian*[4]) bei Rückenmarks-Anämie durch Reizung der Hinterstränge Schmerzäusserungen noch nach $^3/_4$

---

[1]) *S Maier*, Ueber die Erscheinungen im Kreislaufsapparate nach zeitweiliger Verschliessung der Aorta. Sitzungsber. d. Wiener Akad d. Wiss. Bd. 79 Abth. III. Febr. — Vergleiche Sep.-Abd. S. 19.

[2]) Zur Lehre von der Anämie des Rückenmarkes. Prager Zeitschr. f. Heilk. 1883, S 26.

[3]) Comptes rendus Bd. 93 S. 1153.

[4]) Gaz. hebdom de méd. 1861. p. 365.

Stunden hervorgerufen haben und *Couty* gibt an, dass bei Hunden und Affen nach Sperrung der Bauch-Aorta das Vorderthier noch lange auf Reizung des Lumbalmarkes und gelegentlich auch auf Reizung des Nervus ischiadicus reagirt. Dass ich in diesen Punkten zu anderen Resultaten gekommen bin, liegt vielleicht daran, dass ich hauptsächlich an Kaninchen und Katzen untersucht und die hohe Aortenunterbindung angewandt habe, vielleicht aber auch daran, dass wie *S. Mayer* mit Bezug auf *Vulpian*'s Angabe schon vermuthet hat, die Circulationssperrung den französischen Autoren nicht immer vollkommen gelungen sein mag. Ihre Angaben sind in Bezug auf diesen Punkt in der That nicht ganz zufriedenstellend.

Ueber den zeitlichen Verlauf der Erregungsvorgänge im Centralnervensystem liegt zwar eine Reihe guter Untersuchungen vor, welche jedoch kein allgemeines Urtheil über die Existenz oder Nichtexistenz durchgehender motorischer Leitungsbahnen im Rückenmark gestatten. Aus den Zeitmessungen von *Frank et Pitres*,[1]) von *Heidenhain* und *Bubnoff*[2]) folgt zwar, dass keine ununterbrochenen Bahnen von der motorischen Sphäre der Hirnrinde an bis zu Muskelfasern der Extremitäten führen, ob aber ausser den Unterbrechungen, welche diese Bahnen in den Hirnganglien und in der Medulla oblongata finden, auch solche im Rückenmark existiren, geht aus ihnen nicht hervor. Nur für die aus der Medulla oblongata stammenden Erregungsbahnen des Zwerchfelles ist von *M. Joseph*[3]) unter Leitung *Langendorff*'s neuerdings mit zeitmessender Methode eine Unterbrechung im Cervicalmark nachgewiesen worden.

Bei diesem Stande der Kenntnisse schien es mir wünschenswerth, durch Versuche mit Unterbrechung der Circulation im Rückenmark mir ein eigenes Urtheil zu verschaffen. Es ist in der That nicht ganz leicht, die Circulation bis an die obere Grenze des Dorsalmarkes hinauf im Rückenmark zu unterbrechen. Hat man auch beide Arteriae subclaviae und den Aortenbogen unterbunden, so gelangt doch Blut auf rückläufigem Weg durch die Vertebrales herab in die Trunci cervicovertebrales[4]) und von

[1]) Gaz. des hôpit. 1877 No 149.

[2]) *N. Bubnoff* u. *R. Heidenhain* Ueber Erregungs- und Hemmungsvorgänge innerhalb der motorischen Hirncentren. Pflüger's Archiv XXVI S. 137.

[3]) *M. Joseph*, Zeitmessende Versuche über Athmungsreflexe. du Bois-Reymond's Archiv 1883 S. 480.

[4]) Vergleiche *W. Krause*, Die Anatomie des Kaninchens. Leipzig 1868 S. 187.

hier in die arteriae intercostales supremae. Man thut deshalb gut, ausser den Subclaviae auch noch die Vertebrales zu unterbinden.

Ich habe die Versuche zum grossen Theil in Gemeinschaft mit Herrn Dr. *C. Wegele* angestellt, dem ich für seine bereitwillige und geschickte Assistenz besten Dank sage. Wir richteten unsere Thiere (Kaninchen und Katzen) so her, dass wir sie in Rückenlage festbanden, den Nervus ischiadicus der einen Seite durchschnitten, seinen centralen Stumpf an einen Faden schlangen und ihn mit Hilfe desselben durch ein mit Elektroden armirtes Glasrohr zogen, welches vor Zunähen der Wunde in die Tiefe versenkt wurde. Dann unterbanden wir die genannten Gefässe in der oberen Brust-Apertur und legten eine Fadenschlinge unter den Aortenbogen, was bei Kaninchen bekanntlich ohne Eröffnung der Pleurahöhle gelingt. Bei Katzen ist die Operation viel eingreifender. Nachdem künstliche Athmung eingeleitet und die Reflexerregbarkeit geprüft war, wurde die Aorta fest zugeschnürt und gebunden. In den häufigeren Fällen haben wir keine Convulsionen auftreten sehen. Stellten sie sich aber ein, so war vorher schon jedesmal das Schwinden des Kniephäenomens zu constatiren gewesen, welches bei Kaninchen bekanntlich sehr ausgesprochen ist, die hohe Aortenunterbindung aber nur um Secunden überdauert. Bis zum Schwinden der Möglichkeit, durch starke elektrische Reizung des Ischiadicus Reflexe auszulösen, vergehen jedoch stets Minuten und zwar hören zuerst, etwa nach 4 Minuten die Reflexe im anderen Hinterbein, etwas später die Reflexe in den Vorderextremitäten und zuletzt die Reflexe am Kopf auf. Nach 5—7 Minuten ist die stärkste Reizung des Ischiadicus ohne jeden direct sichtbaren Erfolg, weder Extremitäten noch Rumpf noch Muskulatur des Mauls und der Nase noch Iris lassen erkennen, dass eine Erregungswelle in das Centralnervensystem gelangt ist, keine Spur derselben wird reflectirt. Ebenso wie die Muskeln, deren Thätigkeit von blossem Auge controlirt werden kann, verhält sich auch die Gefässmuskulatur. In der ersten, zweiten, auch wohl noch dritten Minute nach Ligatur der Aorta beantwortet, das in die Carotis gebundene Manometer jede genügend starke Ischiadicusreizung mit einer deutlichen Erhebung, später bleibt der Blutdruck in dem auf den Kopf beschränkten Circulationsgebiet durch die stärkste Ischiadicusreizung unbeeinflusst, während er durch Reizung der

Schleimhaut des Mundes, der Nase oder der Augen noch erheblich erhöht werden kann.

Von den Reflexen, welche durch Reizung der Haut am unteren Ende des Thieres zu erzielen sind, hleiben am längsten diejenigen bestehen, welche auf Reizung der Genitalschleimhaut in den Muskeln des Genital-Apparates auftreten, doch auch sie überdauern die Aorten-Ligatur nur 5—7 Minuten.

Durch Reizung des Rückenmarkes habe ich nach Ablauf der ersten Minuten, von dem anämischen Theil desselben, nie einen Erfolg erhalten, weder an Körper- noch an Gefässmuskeln, nur wo hei Durchschneidung des Rückenmarkes noch arterielles Blut floss, da wirkte die Reizung. Ebenso schwanden die vorher von der Hirnrinde aus erzielten Erfolge.

Die Athmung leidet stets erhehlich durch die hohe Aorten-Ligatur und dies war ja der Grund, weshalh die Versuche mit Rückenmarks-Anämie unter Anwendung künstlicher Respiration revidirt werden mussten. Durchgehende Bahnen konnten deshalb übersehen worden sein, weil nicht die Bahnen im Rückenmark durch Anämie, sondern die höher gelegenen reflectirenden Apparate durch Dyspnoë gelitten hatten. Unterhricht man bei einem Kaninchen, dessen Central-Nervensystem unversehrt ist, die künstliche Respiration, so sieht man hei dem Uebergang aus Apnoë in Dyspnoë sehr deutlich, dass die Intercostalmuskeln an der Athemhewegung hetheiligt sind. Diese Betheiligung fällt einige Minuten nach der hohen Aortensperrung fort. Unterbricht man jetzt die künstliche Lungen-Ventilation, so geräth nur das Zwerchfell in Thätigkeit, deren Intensität mit zunehmender Dyspnoë wächst, deren respiratorischer Effect aber sehr gering ist, weil bei jeder Contraction des Diaphragma der Thorax eingezogen wird. Es zeigen sich dieselhen Erscheinungen wie hei elektrischer Reizung des Phrenicus am Halse oder bei Athmung nach Durchschneidung des unteren Halsmarkes. Letztere sind von *Wegele* heschriehen worden.[1]) Ehenso wie die Intercostalmuskeln verharren auch diejenigen des Abdomens, selbst hei stärkster Dyspnoë in Ruhe. Lässt man die Dyspnoë einen solchen Grad erreichen, dass Krämpfe am Kopfe auftreten, so verräth das ganze übrige Thier, wenn die Aortensperrung einige

[1]) *C. Wegele*, Ueber die centrale Natnr reflectorischer Athmungshemmung. Würzburger Verhandlungen. N. F. XVII. Bd. S. 9.

Minuten bestanden hatte, Nichts von den mächtigen Erregungswellen, welche vom Kopf aus in das Rückenmark gesandt werden. Nimmt man die künstliche Athmung nicht wieder auf, so geht das Thier an Dyspnoë zu Grunde.

Was die Deutung meiner, bei Rückenmarks-Anämie gemachten Beobachtungen anlangt, so werden wenige Worte für dieselbe genügen. Das plötzliche Schwinden des Kniephänomens ist sehr auffallend. Es ist so characteristisch, dass man aus dem Fortbestehen des Phänomens schon nach wenigen Secunden auf einen Fehler in der Sperrung der Circulation schliessen darf. Dass die, den Sehnen-Reflex vermittelnden Apparate im Rückenmark besonders empfindlich gegen Anämie sein sollten, ist nicht wahrscheinlich. Dass dieser Reflex stets früher schwindet als die übrigen, liegt wohl daran, dass man den denselben hervorrufenden Reiz nicht ebenso steigern kann wie den Hautreiz oder gar wie den zur Erregung des Ischiadicus angewandten electrischen Reiz. Wenn vom Ischiadicus aus noch nach 4, 5 ja 7 Minuten Reflexe zu erreichen sind, so ist dies natürlich nur unter allmäliger Steigerung der Reiz-Intensität möglich. Es ist gut denkbar, dass die Erregbarkeit aller gegen Anämie empfindlichen Elemente des Rückenmarks vom Momente der Circulationssperrung an in gleichem Maass absinkt, dass die Reizschwelle für alle diese Elemente schnell über den Reizwerth steigt, welcher zur Auslösung des Sehnenreflexes überhaupt nur zur Verfügung steht, weit langsamer dagegen bis zu dem Reizwerth, der durch electrische Reizung des Ischiadicus zu erzielen ist und dass das typische Ueberdauern derjenigen Reflexe, welche vom Ischiadicus aus am Kopf zu erzielen sind, über diejenigen, welche in der anderseitigen Hinterextremität auftreten, darauf beruht, dass in die erstere Reflexbahn weniger hinfällige und der Anämie verfallende Schaltstücke eingefügt sind als in die letztere. Man könnte freilich versucht sein, aus dem späteren Unwegsamwerden derjenigen Reflexbahn, deren sensibler Theil allein im blutleeren Rückenmark liegt, auf eine grössere Widerstandsfähigkeit der Schaltstücke in den zum Hirn aufsteigenden Bahnen zu schliessen, aber bei dem Unwegsamwerden einer Reflexbahn spielt doch gewiss die Gesammtzahl seiner im anämischen Gebiet gelegenen hinfälligen Schaltstücke eine wesentliche Rolle, und diese wird in der Reflexbahn: Ischiadicus, Medulla oblongata, Hypoglossus wohl kleiner sein als in der: Ischiadicus,

Rückenmark, anderer Ischiadicus. Stellt man sich die Dinge nach dem einfachsten Schema vor, so sind in letzterer Reflexbahn wahrscheinlich enthalten: motorische Ganglienzelle, Gerlachsches Fasernetz, sensible Ganglienzelle, in ersterer dagegen, so weit es sich um Rückenmarks-Elemente handelt, nur sensible Ganglienzelle und vielleicht Gerlachsches Fasernetz. Dass das Schema in dieser einfachsten Form ein treuer Ausdruck der realen Verhältnisse sein sollte, wird nun allerdings dadurch sehr unwahrscheinlich, dass die Reizung des anämischen Rückenmarkes keine Reflexe am Kopf hervorruft. Ist es aber mit einer einmaligen Unterbrechung der cerebropetalen Bahn durch Ganglienzelle und Fasernetz in der Nähe des Eintritts der sensiblen Wurzel nicht abgethan, so wird doch die Summe der eingeschalteten hinfälligen Elemente in einer cerebropetalen Bahn kleiner sein als die Summe derselben in den vollkommenen medullären Reflexbögen, wenigstens so weit dieselben lange sind. Für die kurzen Reflexbögen von einem Ischiadicus zum andern kommt aber in Betracht, dass sie ganz in den am vollkommensten von der Sperrung betroffenen unteren Parthien des Rückenmarks gelegen sind.

Will man also aus dem Ueberdauern der Ischiadicus-Hypoglossus-Reflexe über die Ischiadicus-Ischiadicus-Reflexe eine allgemeinere Schlussfolgerung ziehen — und die thatsächliche Constanz der Erscheinung ladet allerdings sehr dazu ein — so kann dies zur Zeit wohl nur die sein, dass für das Unwegsamwerden einer centralen Bahn durch Anämie weniger ihre Länge als die Zahl (und Lage) ihrer Schaltstücke in Betracht kommt und dieser Schluss deckt sich ungefähr mit unserer aprioristischen Annahme. dass von der Anämie in erster Linie nur die Schaltstücke, das sind Ganglienzellen und Fasernetz der grauen Substanz und nicht die markhaltigen Nervenfasern der weissen Stränge betroffen werden, welche letzteren bei der Verlängerung einer Bahn wesentlich in Betracht kommen.

Lässt man diese Schlussfolgerung oder die aprioristische Annahme der wesentlichen Gleichheit aller markhaltigen Nervenfasern ohne Weiteres gelten, so muss man die Bewegungslosigkeit an Rumpf (exclusive Diaphragma) und Extremitäten, welche ein Thier zeigt, das mehrere Minuten nach der hohen Aortensperrung in so starke Dispnoë verfällt, dass Krämpfe am Kopf auftreten, als einen Beweis dafür ansehen, dass im Rückenmark dieses Thieres gar keine durchgehenden motorischen Bahnen ent-

halten sind. Nach meinen Erfahrungen zeigen aber Kaninchen und Katzen ausnahmslos dieses Verhalten.

Weniger bestimmt dürfen wir uns über etwaige durchgehende sensible Bahnen aussprechen. Solchen cerebropetalen Bahnen freilich, die in der Medulla oblongata oder im Hirn Reflexe an Kopf, Rumpf oder Extremitäten auslösen, ist mit derselben Nöthigung medullare Unterbrechung durch hinfälligere Elemente, als markhaltige Nervenfasern sind, zuzusprechen. Für die cerebropetalen Theile der Reflexbahnen Ischiadicus-Hypoglossus und ähnliche folgt dies aus dem Unwegsamwerden derselben durch Anämie des Rückenmarks und die cerebropetalen Theile der Reflexbögen Ischiadicus-Medullaoblongata-Spinalnerv werden doch kaum anderer Art sein, wie die gleichen Theile ersterer Bögen. Wer aber besondere durchgehende Leitungsbahnen zur Vermittelung localisirter Tast-Empfindungen anzunehmen geneigt ist, braucht meine Beobachtungen nicht als einen Beweis gegen die Existenz derselben anzuerkennen. Denn erstens müsste man gerade in Bezug auf solche Bahnen mit der Uebertragung der Schlüsse von einem Thier auf das andere und nun gar erst auf den Menschen ganz besonders vorsichtig sein und zweitens würde sich die Existenz solcher Bahnen, wenn sie bei meinen Versuchsthieren besteht, der Beobachtung vollkommen entziehen, da lokalisirte Tast-Empfindungen weder reflectorisch noch dnrch Vermittelung von Angst oder Schmerz und andere Alterationen des Gemeingefühls Bewegungen auslösen werden. Mir scheint übrigens zur Annahme besonderer peripherer Leitungsbahnen für localisirte Tast-, Temperatur- und Schmerz-Empfindungen keine Nöthigung vorzuliegen, vielmehr will mir dünken, dass die von *Fick* in seinem Compendium der Physiologie vertretene Anschauung mehr Wahrscheinlichkeit für sich hat. Sehen wir von reflexhemmenden centripetalen Bahnen ab, so würde nach dieser Anschauung jede centripetale periphere Bahn allen jenen Vorgängen dienen können, je nach der absoluten Intensität der Erregung und je nach dem Verhältniss in dem Fasern benachbarter Hautstellen an der Erregnng Theil nehmen. Jede dieser Fasern würde bald nach dem Eintritt in das Rückenmark in ein Schaltstück einmünden, von dem aus einerseits eine möglichst einfache, schon bei den schwächsten Erregungen beschrittene und durchlaufene Bahn zu den Centren der bewussten aber in Bezug auf das Gemeingefühl gleichgültigen Empfindungen führte,

andererseits complicirtere, mit mehr Widerständen versehene, Bahnen hauptsächlich in der grauen Substanz cerebralwärts sich verbreiteten, die nur bei stärkeren Reizen beschritten würden, wenn aber beschritten, Reflexbewegungen und bei noch grösserer Intensität des Reizes Störungen des Gemeingefühls, namentlich Schmerz vermittelten.

Einer besimmten Art cerebrofngaler Bahnen des Rückenmarks habe ich besondere Aufmerksamkeit zugewendet, denjenigen nämlich, welche motorische Erregungen den Athemmnskeln des Rumpfes zutragen. Aus der Beschreibung meiner Beobachtungen und aus den bisherigen Dentungen geht schon hervor, dass ich alle diese Bahnen für unterbrochene halte. Meine Beobachtungen beziehen sich freilich nur auf die von den Intercostal-Nerven beherrschten Athemmuskeln, in Bezug auf das Diaphragma ist aber *M. Joseph* durch zeitmessende Versuche zu demselben Resnltate gelangt. Die Schaltstücke dieser Bahnen sind gewiss dieselben Elemente, welche bei ganz jungen Thieren nach den Versnchen von *Rokitansky*[1]) und *Langendorff*[2]) durch dyspnoisches Blut direkt in regelmässige rythmische Thätigkeit versetzt werden können. Im späteren Leben geht diesen „Athemmuskel-Centren", wie man sie im Gegensatz zu dem „Athem-Centrum" in der Medulla oblongata wohl nennen könnte, automatische Erregbarkeit ab und sie dienen nur noch zur Uebertragung der in der Mednlla oblongata automatisch, d. h. dnrch directe Einwirkung des Blutes von bestimmter Beschaffenheit, erzeugten Bewegnngs-Impnlsen auf die Athemmuskeln und ausserdem zur Vermittlung gewisser Athemreflexe.

Es gehört hierher namentlich ein Athemreflex, den man bisher nach *Hering* und *Breuer* durch den Nervus vagns vermittelt glaubte, dessen wesentlich spinale Natur mir aber nachzuweisen gelungen ist. Lungenaufblasung ruft bekanntlich Inspirationshemmung und Exspirationsanstrengung hervor, so lange die Vagi intact sind. Nach Durchschneidung beider Vagi hört dieser Reflex in der That auf. Lungenaussangnng dagegen ruft reflectorisch Inspirationsanstrengung hervor und zwar auch noch nach Durchschneidung beider Vagi. Dieser Reflex mnss also durch spinale Nerven vermittelt werden und da er nach hoher Aorten-

[1]) Wiener med. Jahrbücher 1874 S. 30.

[2]) *du Bois-Reymond*'s Archiv 1880 S. 518.

sperrung fortfällt, setzt er zu seiner Entstehung die Intactheit spinaler Centren voraus. Eine detaillirtere Mittheilung des nicht ganz einfachen Versuchsverfahrens, durch welches ich zu diesem Resultat gelangt bin, würde schlecht in den Rahmen dieser Mittheilung passen, und da die betreffenden Versuche mit ihren Ergebnissen für die Lehre von der Athmungs-Innervation ein specielleres Interesse haben dürften, so werde ich sie in einem demnächst erscheinenden Aufsatz „Ueber einen spinalen Athemreflex" ausführlicher behandeln.

Als Hauptergebniss dieses Excurses möchte ich hinstellen, dass ich aus meinen Beobachtungen bei hoher Aortensperrung folgere, dass alle cerebrospinalen Bahnen bei Kaninchen und Katzen im Rückenmark durch Schaltstücke unterbrochen sind.[1]) Sicher ist, dass die Wegsamkeit aller dieser Bahnen durch Anaemie weit schneller leidet als die Wegsamkeit in peripheren Nerven. Dass diese grössere Empfindlichkeit gegen Anaemie nicht auf einem wesentlichen Unterschied der spinalen und peripheren markhaltigen Nervenfasern, sondern eben auf der Einschaltung hinfälligerer Elemente, wie Zellen und Fasernetz der grauen Substanz beruhe, geht mit Wahrscheinlichkeit aus der Reihenfolge der Ausfallerscheinungen hervor.

§ 3. Ueber kurze Reflexbögen im Lumbalmark des Frosches.

Unter kurzen Reflexbögen kann man solche verstehen, bei denen der reflectirende Apparat in wesentlich gleicher Höhe mit dem Aus- und Eintritt der centripetalen und centrifugalen Bahnen liegt. Die Existenz solcher im Lumbalmark des Frosches geschlossenen Reflexbögen ist neuerdings stark in Frage gestellt durch die Angaben von *Sanders Ezn*,[2]) *Koschewnikoff*[3]) und *Eckhard*,[4]) nach denen das Rückenmark des Frosches unterhalb der 7. Wurzel

[1]) Ich will jedoch nochmals ausdrücklich hervorheben, dass die Frage nach den von *S. Mayer* vertretenen durchgehenden vasomotorischen Fasern nicht in den Kreis meiner Untersuchungen gezogen worden ist

[2]) *H. Sanders-Ezn.* Vorarbeit für die Erforschung des Reflexmechanismus im Lendenmarke des Frosches. Arbeiten aus der physiolog. Anstalt zu Leipzig II. Jahrg. 1867 S. 25: „Aus dieser Erfahrung geht unzweifelhaft hervor, dass in dem Zwischenraum des 8. u. 9. Nerven nicht alle die Bedingungen vereinigt sind, welche das Zustandekommen der Reflexe ermöglichen."

[3]) *A. Koschewnikoff.* Ueber die Empfindungsnerven der hinteren Extremitäten beim Frosche. *Reichert* u. *du Bois'* Arch. 1868 S. 331.

[4]) *C. Eckhard.* Physiologie des Rückenmarkes in *Hermann*'s Handbuch d. Physiologie Bd. II Theil II S. 58: „Ich finde im Allgemeinen mit *Sanders-Ezn*,

keine Reflexe vermitteln soll. Von der Tragweite dieser Behauptung wird man sich eine Vorstellung machen, wenn man bedenkt, dass die 7. Wurzel beinahe an der oberen Grenze der Lumbalanschwellung gelegen ist, dass die 8. und 9. Wurzel mit zu den faserreichsten Spinalwurzeln gehören und dass im ganzen Lumbalmark bis zur 10. Wurzel hinab und noch darüber hinaus alle die histologischen Elemente in reichster Menge vorhanden sind, deren wir zur aprioristischen Construction von Reflexbögen bedürfen, also Wurzelfasern, grosse multipolare Ganglienzellen der Vorderhörner, Gerlach'sches Fasernetz, kleine Ganglienzellen der grauen Hintersäulen, weisse Commissuren.[1]) Ich muss gestehen, dass ich beim Vortrag über diesen Punkt nie ohne sehr peinliche Empfindungen hinweggekommen bin.

Allerdings hat *Masius*[2]) nicht nur dem Lumbalmark des Frosches im Ganzen, sondern jedem einzelnen, einem Wurzelpaar entsprechenden, Rückenmarkssegment die Fähigkeit zugesprochen, Reflexe zu vermitteln. Aber *Masius* gibt keine Beschreibung des direct von ihm Beobachteten, er theilt wesentlich nur seine Schlüsse aus demselben mit und die von ihm benutzte Methode, bei welcher das Rückenmark ohne Eröffnung des Wirbelkanals durchschnitten wird, dürfte überhaupt kaum geeignet sein, überzeugende Resultate zu liefern. Er sagt auch selbst ganz richtig, dass die einzige zuverlässige Methode darin bestehen könne, den Rückenmarkscanal zu eröffnen und an dem freigelegten Rückenmark zu operiren. Bei Anwendung dieser Methode hat er aber ebensowenig wie die anderen genannten Forscher positive Resultate erhalten, so dass *Eckhard* wohl ganz Recht hatte, sich durch die Stimme von *Masius* nicht abhalten zu lassen, in *Hermann*'s Handbuch der Physiologie ausdrücklich zu erklären, dass in den Gegenden des achten bis zehnten Nervenpaares des Frosches sich überhaupt die gesammten Bedingungen für Reflexe nicht mehr finden.

Da die Autoren, welche sich der richtigen Methode bedient

---

dass das zur Auslösung von Reflexen ungeeignete Ende des Rückenmarks des Frosches schon unterhalb des siebenten Nervenpaares beginnt, und dass in den Gegenden des 8.—10. Rückenmarknervenpaares sich überhaupt die gesammten Bedingungen für Reflexe nicht mehr finden."

[1]) Vgl. Fig. 1 u. 2. Taf. V.

[2]) *Masius* et *Vanlair*. De la situation et de l'étendue des centres réflexes de la moelle épinière chez la grenouille Extrait du tome XXI des Mémoires couronnés et autres Mémoires, publiés par l'Académie royale de Belgique 1870.

haben, nicht angeben, in welchen Zeiten nach der Operation ihre Beobachtungen angestellt wurden, so lag die Vermuthung sehr nahe, dass ihre Misserfolge durch die Wirkungen des Chocs bedingt waren. Ich habe deshalb die Untersuchung nach derselben Methode wieder aufgenommen, mit der Modification jedoch, dass ich nach geschehener Durchtrennung des Rückenmarks die Rückenwunde durch den gut vernähten Hautlappen sorgfältig bedeckte und an dem in günstige Bedingungen versetzten und sonst in Ruhe gelassenen Thier in regelmässigen Intervallen schonende Prüfungen der Reflexe vornahm. Um die Zahl der Beobachtungen zu vermehren, habe ich Herrn stud. *Hirsch* veranlasst, nach derselben Methode zu verfahren und wir haben allerdings etwas bessere Erfolge aufzuweisen als unsere Vorgänger.

Was zunächst das speciellere Operationsverfahren anlangt, so hat sich mir folgendes als das zweckmässigste erwiesen. Der Frosch wird so in ein Handtuch eingeschlagen und gefasst, dass die Vorderbeine mit Kopf besonders und die Hinterbeine für sich fest umwickelt, derart in der linken Hand zusammengefasst werden, dass der Zeigefinger dem nach unten gekrümmten Bauch zur Stütze dient. Kopf und Vorderbeine werden also fest zwischen Daumen und Zeigefinger, die Hinterbeine zwischen letzterem und Mittelfinger in mässig geschlossener Faust gehalten und der leicht gekrümmte Rücken liegt für die mit der rechten Hand auszuführenden Operationen von der Mitte der Darmbeine bis zur Mitte der Schulterblätter frei vor. Assistenz ist weder erforderlich noch erwünscht. Der Hautschnitt wird sehr ausgiebig geführt und zwar so, dass er hinten die Mitte der Darmbeine verbindet und seitlich längs der Lateral-Wülste aufsteigt — unter Vermeidung der in denselben verlaufenden starken Hautgefässe — bis zur Mitte der Schulterblätter, so dass ein mit der schmaleren Basis oben festsitzender trapezoider Lappen entsteht, der nach oben zurückgeschlagen wird. In der ganzen Länge der vorliegenden Wirbelsäule werden nun mit einem scharfen Messer vier Längsschnitte geführt, von denen zwei unmittelbar neben den Dornfortsätzen, zwei auf der lateralen Kante der Querfortsätze hinlaufen. Die beiden so abgegrenzten Lappen der Rückenmuskeln lassen sich dann leicht mit der Scheere entfernen, so dass die Wirbelbögen vom vierten bis zum neunten frei vorliegen und man auch die Insertion des Steissbeins deutlich sieht. Von letzterem Punkt aus sucht man sich nun durch Abzählen nach oben

den sechsten Wirbelbogen auf, entfernt zunächst diesen und dann auch noch den fünften mit einer kleinen spitzen und scharfen Knochenzange unter absoluter Vermeidung jeder Berührung des Rückenmarkes und seiner Wurzeln. Die Blutung ist hierbei stets ziemlich beträchtlich, sie wird aber nicht stark vermehrt, wenn man nun noch mit einer feinen Pincette die Spinalvene zerreisst und zugleich mit ihr die mit Guanidin stark infiltrirte lockere Gewebeschichte entfernt, welche das Rückenmark bedeckt. Mit der Stillung der Blutung hält man sich nicht weiter auf, als es zur Ermöglichung einer genauen Orientirung erforderlich ist und man verwendet dazu ein zwischen die Branchen der Pincette gefasstes weiches Schwammstückchen, mit dem das Rückenmark zu berühren, man auf das sorgfältigste vermeidet. In der Wunde der Wirbelsäule sieht man dann das Rückermark von der sechsten bis zur neunten Wurzel frei vorliegen. Für die weitere Orientirung am brauchbarsten ist die allerdings etwas tief im untern Wundwinkel gelegene Austrittstelle der neunten Wurzel, weil diese Wurzel in sehr characteristischer Weise fast genau in der Verlängerung der Lateralenkante der Lumbalanschwellung verläuft (vgl. Fig. 1).

Man kann nun die beabsichtigte Stelle für die Durchschneidung genau wählen. Die Durchschneidung führt man am besten mit einem sehr scharfen und feinen Messerchen in einem schnellen Zuge aus. Bei dieser einmaligen Durchschneidung darf man sich jedoch nie beruhigen, man muss 1 bis 2 Millimeter oberhalb einen zweiten Schnitt führen und das zwischen beiden Schnitten gelegene Rückenmarksstück, mit Vermeidung aller Zerrungen am unteren Rückenmarksstumpf, exstirpiren. Durch sorgfältiges Reintupfen und Sondiren (namentlich der seitlichen Kanten) des entleerten Theiles des Wirbelcanals muss man sich dann davon überzeugen, dass der obere Rückenmarksstumpf weder durch stehengebliebenes Rückenmark noch durch oberhalb der Schnitte entspringende Wurzeln mit dem Unterthiere zusammenhängt. Hat man sich genau hievon überzeugt, so wird der Hautlappen mit nicht zu weitläufigen Nähten befestigt und das Thier nach einer kurzen schonenden Prüfung sich selbst überlassen und zwar in einem mit frischem Wasser beschickten Froschtopf, in dem es natürlich am besten allein bleibt.

Frösche, denen nach diesem Verfahren das Rückenmark an der Austrittsstelle der achten Wurzel durchtrennt war, zeigten nun in der That unmittelbar nach der Operation keine Reflexe

an den Hinterbeinen. Mit ziemlicher Sicherheit kann man aber darauf rechnen, dass sich bei genügendem Zuwarten nach einer halben, ganzen, ja wohl auch erst nach 2 Stunden recht beträchtliche Reflexe an den Hinterbeinen demonstriren lassen. Ebensowenig wie sich der Zeitpunkt der eintretenden Restitution vorhersagen lässt, ebensowenig ist die Dauer der Restitution constant. Früher oder später, manchmal erst am nächsten Tage, manchmal aber auch schon nach einer Stunde verschwindet die Reflexerregbarkeit des Hinterthieres für immer. Hiernach ist es klar, dass nur systematisch, in regelmässigen Intervallen angestellte Prüfungen Garantie für einen richtigen Einblick geben und dass die Restitution von Reflexen nach tiefer Rückenmarksdurchschneidung auch beim Frosch leicht hat übersehen werden können.

Die nach erfolgter Restitution zur Beobachtung kommenden Reflexe sind nun in mehrfacher Beziehung, und das ist ja an sich ganz lehrreich, von den gewöhnlichen Reflexen verschieden. In erster Linie erweisen sich dauernd als ganz unempfindlich diejenigen Hautpartieen, in denen sich — nach *Koschewnikoff* (l. c.) — keine sensiblen Fasern der zehnten oder neunten Wurzel verbreiten, so namentlich die Streckseite des Ober- und Unterschenkels. Am empfindlichsten sind stets Fusssohle und Hacke (versorgt von der neunten) sowie Aftergegend (versorgt von der zehnten Wurzel). Auf der Höhe der Restitution ist die Reflexempfindlichkeit namentlich an der Hacke und Fusssohle sogar oft weit über das normale Maass gesteigert. Wechselnd sind die Erfolge an den Zehen, ihre Empfindlichkeit ist manchmal restituirt, manchmal nicht.

Von keiner der genannten Hautstellen aus bekommt man, auch wenn die Erregbarkeit über die normale gesteigert ist, die gewöhnlichste Reflexbewegung des normalen Thieres zu sehen, das ist Anziehen des Beins in die sprungbereite Haltung oder Sprungbewegung. Sind die Zehen empfindlich, so ruft leichter Druck derselben Dorsalflexion des gereizten und häufig auch des andern Fusses hervor. Selten erstreckt sich die Beugebewegung auf das Knie oder gar auf das Hüftgelenk. Weit leichter und bei genügender Restitution auch weit heftiger treten aber Bewegungen auf, die man am normalen Frosch überhaupt nicht zu sehen bekommt und zwar bei Kneifen oder auch schon bei Berühren der Haut an Fusssohle, Hacke oder After. Die häufigste, beinahe als typisch zu bezeichnende Bewegung ist ein Grätschen mit Auswärtsrollen des gestreckten Beines, welches dann sehr auf-

fallend ist, wenn man bei der Prüfung das unter der Achsel leicht gehaltene Thier frei hängen lässt. Es ist dies eine Bewegung, wie sie durch alleinige Contraction der hintersten Portion des Triceps femoris (Vast externus) erzeugt werden kann. Dass dieser Muskelbauch an dem Reflex thatsächlich betheiligt ist, erkennt man durch die Haut hindurch, namentlich wenn die Prüfung an dem auf flacher Unterlage ruhenden Thier vorgenommen wird. Ob noch andere Muskeln gleichzeitig erregt werden, und welche, ist schwer zu ermitteln. Die übrigen Portionen des Triceps werden, wenn überhaupt, jedesfalls schwächer contrahirt. Die Grätschbewegung kann stark schleudernd erfolgen und ich habe bei empfindlichen Präparaten gesehen, dass das Zurückfallen der Hacke gegen die Pincette, welche die erste Bewegung ausgelöst hatte, einen genügenden Reiz für eine neue Auslösung abgab und so fort, so dass ein Phänomen ganz ähnlich dem galvanischen Froschtanz eintrat. Bei einem anderen Thier rief jeder Versuch, das herabhängende Bein durch Unterstützen der Fusssohle zu heben, eine so heftige Bewegung hervor, dass das ganze Thier zur Seite geschleudert wurde. Diese Beobachtungen habe ich an nicht strychnisirten Thieren gemacht. Uebrigens ist das Strychnin ganz geeignet, die für das abgetrennte untere Lumbalmark characteristischen Reflexe zu steigern, sobald überhaupt erst Zeichen von eingetretener Restitution vorhanden sind. Vorher ist das Strychnin ohne Wirkung auf das Hinterthier, und wenn man das Lumbalmark durchschneidet, nachdem Strychninkrämpfe ausgebrochen sind, so wird das Hinterthier bewegungslos. Hat man aber die Restitution abgewartet und gibt dann Strychnin, so kann man im Stadium der Steigerung der gewöhnlichen Reflexe auch die als typisch für das untere Lumbalmark beschriebenen in deutlicherer Weise zu sehen bekommen, wie ohne Strychnin. Bei vorschreitender Giftwirkung gehen sie dann aber in den gewöhnlichen allgemeinen Krämpfen, deren Gesammteffect Streckung ist, unter.

Weniger auffallend wie die beschriebene Grätschbewegung, aber ebenso characteristisch für das untere Lumbalmark ist ein anderer Reflex, welcher am leichtesten durch Kneifen der Aftergegend zu erreichen und an dem auf dem Bauch liegenden Thier zu beobachten ist. Er besteht in Contraction des M. coccygeoiliacus, durch welche das Steissbein gesenkt und die Wirbelsäule gehoben wird. Steissbein und Wirbelsäule bilden nämlich einen

zweiarmigen Hebel, dessen Hypomochlion in der Verbindungslinie der Darmbeinspitzen liegt. Diese Bewegung an sich wird leicht übersehen, um so überraschender und verwirrender sind dann aber gelegentlich ihre Folgen. Die durch die Wirbelsäule auf das Vorderthier übertragene Bewegung ruft nämlich gelegentlich, wenn Strychnin gegeben war sogar regelmässig, Reflexe an diesem hervor, so dass man wegen des Gelingens der nervösen Abtrennung des Vorderthiers vom Hinterthier in Zweifel gerathen kann.

Die tiefsten Durchtrennungen, nach denen Herr *Hirsch* und ich noch Restitution von Reflexen zu sehen bekommen haben, waren unmittelbar unterhalb des Eintritts des achten hinteren Wurzelpaares ausgeführt. Nach tiefer geführten Schnitten haben auch wir keine Reflexe mehr gesehen. Dafür ist aber die Regelmässigkeit, mit der Restitution nach Schnitten unmittelbar oberhalb der Austrittsstelle des achten Wurzelpaares eintrat, ausreichend, um darauf eine neue Auffassung des bisherigen Misserfolges nach Durchschneidung im Gebiet der siebenten und unseres Misserfolges nach Durchschneidung unterhalb der achten Wurzel zu begründen. Selbstverständlich werden wir nicht mehr mit *Eckhard* sagen dürfen, dass in den Gegenden des 8.—10. Rückenmarksnervenpaares sich überhaupt die gesammten Bedingungen für Reflexe nicht mehr finden. Für die Gegend des achten Paares haben wir sie ja nun nachgewiesen. Von den zum neunten und zehnten Wurzelpaar gehörigen Reflexbögen findet sicher ein guter Theil unterhalb der Austrittsstelle des achten Paares seinen Schluss. Dass die Spitzen dieser Bögen bei unseren tieferen, von Misserfolg begleiteten Durchschneidungen abgeschnitten worden sind, ist möglich, aber nicht wahrscheinlich. Ihre Restitution nach Durchschneidung in der Höhe der achten Wurzel spricht für eine tiefere Lage derselben, denn das beim Schnitt unmittelbar Gequetschte wird kaum restituirbar sein. Bedenkt man nun noch, dass die kräftigsten von uns nach der Restitution beobachteten Reflexe durch das neunte Wurzelpaar vermittelt sind, so wird man einen Theil der zu diesem Paar gehörigen Reflexbögen sicher als kurze im oben definirten Sinn bezeichnen müssen, ob freilich alle, wie *Masius* angenommen zu haben scheint, ist eine andere Frage, welche ich nicht bejahen möchte. Dagegen spricht namentlich die Abweichung in der Form der Bewegungen, welche diese kurzen Bögen vermitteln von denen, die bei Reizung derselben Hautstellen das intacte Thier zeigt. Auf Reizung der

Hacke tritt beim normalen Frosch Anziehen der Beine in die sprungbereite Haltung ein, nach Durchschneidung in der Höhe der achten Wurzel dagegen die oben beschriebene Grätschbewegung. Letztere wird gewiss auf einem kurzen, zum neunten Paar gehörigen Reflexbogen vermittelt, ob aber das, was ihr zur Bewegung des Beinanziehens fehlt, am normalen Thier auf einem nun abgeschnittenen langen Bogen des neunten Paares, oder auf einem ebenfalls nun abgeschnittenen kurzen des achten Paares vermittelt wurde, kann allerdings zweifelhaft erscheinen, denn die achte sensible Wurzel betheiligt sich an der Innervation der Haut auf der Hacke. Nun wissen wir aber schon durch *Sanders-Ezn*, dass Durchschneidung des Rückenmarks im Bereiche der sechsten Wurzel das Zustandekommen des normalen Beinanziehens insofern aufhebt, als die Beugung im Hüftgelenk beeinträchtigt ist.[1]) Am intacten Thier kommt also bei Reizung an der Hacke der gewöhnlichste Reflex nicht nur durch Vermittelung von kurzen Bögen des achten und neunten Wurzelpaares zu Stande, sondern es sind an demselben sicher auch lange Reflexbögen betheiligt und zwar solche, die von den Lumbalwurzeln auf und zu denselben auch wieder absteigen. Von einer segmentaren Anordnung der Reflex-Centren im Rückenmark des Frosches der Art, dass der ganze, der motorischen und sensiblen Wurzel eines Wurzelpaares gemeinsame, reflectirende Apparat innerhalb des diesem Paar entsprechenden, Rückenmarksegmentes vereinigt läge, wie *Masius* anzunehmen scheint, kanu also allerdings nicht wohl die Rede sein. Die von uns nachgewiesenen kurzen Reflexbögen des neunten Wurzelpaares bilden eben nur einen Theil des den sensiblen und motorischen Wurzeln dieses Paares gemeinsamen Reflexapparates. Durch den Nachweis dieser Bögen ist eine, von mir schwer empfundene Schwierigkeit für die Deutung des functionellen Werthes der histologischen Rückenmarkselemente beseitigt, aber die Frage nach der Topographie der Reflex-Centren des Rückenmarks eben nur gestreift und keineswegs erschöpfend beantwortet.

Vor Schluss dieses Paragraphen will ich noch ausdrücklich darauf aufmerksam machen, dass zu den kurzen Reflexbögen des neunten Wurzelpaares auch bilaterale gehören, wofür man in der obigen Darstellung meiner Beobachtungen unschwer den Beweis finden wird.

---

[1]) *Sanders-Ezn* a. a. O. Seite 25.

§ 4. Ueber lange Reflexbögen im Rückenmark des Frosches. (Beugekrämpfe nach localer Strychninvergiftung des oberen Dorsalmarks.)

Den Begriff der langen Reflexbögen würde ich gerne scharf so fassen, dass darunter solche zu verstehen seien, welche die sensiblen und die motorischen Wurzeln desselben Wurzelpaares derart verbinden, dass sie in Rückenmarksegmente, die anderen Wurzelpaaren angehören, hineinragen. Wegen der Beschränktheit des experimentell Erreichbaren muss ich jedoch hier von der Zusammengehörigkeit der peripheren Theile des Bogens zu demselben Wurzelpaar absehen und lange Reflexbögen diejenigen nennen, deren Uebergang aus Peripherie in Centrum und umgekehrt im Lumbalmark überhaupt Statt findet und deren centrales Schlussstück in höheren Theilen des Dorsalmarks gelegen ist. Dass es lange Reflexbahnen überhaupt, z. B. solche, welche Bewegungen an den Vorderbeinen nach Reizung der Hinterbeine, und umgekehrt, vermitteln, im Rückenmark des Frosches gibt, ist ja allgemein bekannt, aber es ist nicht schwer, in der Vorstellung diese langen Reflexbahnen von denjenigen langen Reflexbögen zu trennen, welche ich eben definirt habe. Auf die Wahrscheinlichkeit der Existenz solcher Bögen haben wir schon im vorigen Paragraphen hinzuweisen Gelegenheit gehabt. Sie wird ferner gestützt durch Angaben von *Rosenthal* und *Mendelsohn*, welche nach Abtrennung des oberen Theils des Dorsalmarkes die Leichtigkeit, Reflexe an dem einen Hinterbein des Frosches durch Reizung des anderen auszulösen abnehmen sahen.[1]) Es muss aber doch erwünscht scheinen, die Existenz solcher Reflexbögen in directerer Weise zur Anschauung zu bringen, zumal aus *Mendelsohn*'s Beobachtungen Schlüsse auf lange Reflexbögen, welche sensible und motorische Lumbalwurzeln derselben Seite verbinden, gar nicht gezogen werden können. Scheinbar kann nun die zum Nachweis der kurzen Reflexbögen benutzte Methode nicht auch zur Demonstration der langen dienen. Thatsächlich brauchen wir aber an derselben nur eine nicht wesentliche Modification anzubringen, um unsern Zweck zu erreichen.

Die kurzen Reflexbögen haben wir nachgewiesen, indem wir das Verhältniss der Wegsamkeit der kurzen zu derjenigen der

[1]) Vergl. *M. Mendelsohn* Untersuchungen über Reflexe. Sitzungsber. der Berl. Akad. d. Wissensch. 1882 (Oct.) und 1883 (Februar).

etwa vorhandenen langen änderten. Wir haben letztere einfach durch Abschneiden auf Null reducirt. Selbstverständlich können wir keinen Schnitt so führen, dass die kurzen Reflexbögen durchtrennt würden, während die langen intact blieben. Das Verhältniss der Wegsamkeit auf beiden Bögen können wir aber zu Ungunsten der kurzen auch dadurch ändern, dass wir die Erregbarkeit der reflectirenden Apparate langer Bögen, welche der Annahme nach ja in einiger Entfernung von denen der kurzen liegen müssen, erhöhen. Ein Mittel zur Erhöhung der Erregbarkeit reflectirender Apparate besitzen wir bekanntlich im Strychnin. Es kommt also darauf an, den oberen Theil des Rückenmarks vom Frosch local mit Strychnin zu vergiften. Liegen dort reflectirende Apparate langer, zu den Lumbalwurzeln gehöriger Reflexbögen, so werden sich diese durch Erhöhung der Leichtigkeit, mit der die gewöhnlichen Reflexe an den Hinterbeinen auszulösen sind, und bei fortschreitender Strychninwirkung durch Reflexkrämpfe an den Hinterbeinen, welche durch Reizung der Haut derselben auszulösen sind, zu erkennen geben.

Noch von einem anderen Gesichtspunkte aus kann man auf den Erfolg einer localen Strychninvergiftung des oberen Dorsalmarkes des Frosches gespannt sein. Aus dem ersten Theil des *Engelhardt*'schen Versuchs [1]) wissen wir nämlich, dass jede Durchschneidung der Wirbelsäule des decapitirten Frosches oberhalb der Grenze zwischen viertem und fünftem Wirbel eine intensive Beugung der Hinterbeine zur Folge hat. Bei tiefer geführten Schnitten tritt bekanntlich ebenso intensive Streckung ein. Der Erfolg des ersten Theiles des *Engelhardt*'schen Versuches könnte nun offenbar darauf beruhen, dass durch seine Schnitte directe intramedullär absteigende Verlängerungen der centripetalen Bahnen des Armplexus getroffen würden, welche einen Theil der langen Reflexbahnen Arm-Bein darstellten und deren Reizung ebenso wie Aetzung der Haut am Arm, Beugung der Beine bedingen könnte. Der erste Theil des *Engelhardt*'schen Versuchs ist nun in der That auch von mehreren Seiten so gedeutet worden.

Beachtet man aber die Geringfügigkeit des Erfolges einer Durchschneidung des Armgeflechts im Verhältniss zu der mächtigen

[1]) *E. Engelhardt* Function der oberen und unteren Hälfte des Rückenmarkes hinsichtlich der Benge- und Streckmuskeln der Gliedmassen. *J. Müller*'s Archiv 1841 S. 206.

Wirkung des Schnittes durch das obere Dorsalmark, so wird man diese Deutung fallen lassen und der Annahme einer Reizung solcher centralen Schaltapparate, wie sie zum Schluss von Reflexbögen dienen, den Vorzug geben. Vom Standpunkte dieser Annahme aus wird man nun erwarten, bei localer Strychninvergiftung des oberen Dorsalmarkes die Beugebewegungen der Unterextremitäten bevorzugt zu sehen. Tritt die erwartete Bevorzugung der Beugebewegungen überhaupt ein, so wird man aus derselben auf die Existenz und das Vorwiegen von Beugung vermittelnden reflectirenden Apparaten im oberen Dorsalmark des Frosches schliessen dürfen, und ist derselbe Erfolg mit Reizungen der Haut an den Unterextremitäten verknüpft, so wird man weiter annehmen dürfen, dass jene reflectirenden Apparate auch in lange Reflexbögen der Lumbalwurzeln eingeschaltet sind.

Meine Erwartung hat mich nun in der That nicht getäuscht. Sowohl in einer grossen Anzahl eigener Versuche als auch in solchen, welche Herr Stud. *Hirsch* nachgemacht hat, habe ich den vorausgesagten Erfolg eintreten sehen. Ich habe denselben auch Herrn Prof. *Fick* im Laboratorium sowie meinen Zuhörern im Colleg und einer grössern Anzahl von Personen gleichzeitig in einer Sitzung der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg demonstriren können.

Das von mir und Herrn Stud. *Hirsch* ausprobirte Versuchsverfahren ist folgendes. Ein frischer, lebhafter Frosch (Ran. temp. ist geeigneter als esculenta) wird so präparirt, wie es nach den Angaben in § 1 Behufs elektrischer Reizung des oberen Rückenmarks geschieht, nur wird die Wirbelsäule bis zum fünften Wirbel abwärts ganz entfernt. Zum Fixiren des Präparates dient eine Vorrichtung, welche aus einem Grundbrett besteht, auf dem sich ein mit Kork bekleidetes Brettchen zum Feststecken des Präparates und davor, durch eine 2 Millimeter breite und 1 Centimeter tiefe Rinne von ersterem getrennt ein kleineres befindet, welches letztere, mit einem angefeuchteten Fliesspapierbausch versehen, dem Rückenmarkstumpf zur Unterlage dient. Auf das mit Kork bekleidete Brettchen wird das auf dem Rücken liegende Präparat mit 4 Nadeln so festgesteckt, dass je zwei zu beiden Seiten der Wirbelsäule eingesteckte Nadeln letztere vollkommen fixiren. Der vordere Rand des stehengebliebenen fünften Wirbels schneidet mit dem vorderen Rand des Brettchens ab und der Rückenmarkstumpf wird durch die Luft hindurch über die Rinne so auf den

Papierbausch gebrückt, dass er von der dritten Wurzel an letzterem aufliegt. Dieser aufruhende Theil wird mit einem ebenfalls angefenchteten Fliesspapierstreifchen bedeckt. Zur Anfeuchtung dient zunächst physiologische Kochzalslösung. Ist das Präparat so weit hergerichtet, so wird es auf seine Empfindlichkeit geprüft. Damit die Beine ohne Hinderniss bewegt werden können, ist es nöthig, sie selbst und ihre Unterlage gut feucht zu erhalten. An sehr empfindlichen Präparaten hat es einige Schwierigkeit, den Beinen gestreckte Haltung anzuweisen, jeder Versuch, sie zu strecken, löst einen Beugereflex aus. Auch weniger empfindliche Präparate sind noch brauchbar, wenn wenigstens jeder mässige Druck der Zehe am ausgestreckten Bein ein Anziehen desselben in sprungbereite Haltung zur Folge hat. Weniger empfindliche Präparate geben nur geringe Aussicht auf Gelingen des Versuchs.

Hat man sich nun noch davon überzeugt, dass leichtes Berühren anderer Hautstellen keine Reflexe auslöst, so schreitet man zur Vergiftung. Diese leitet man ein, indem man einige Tropfen einer Mischung von 1%iger Strychninlösung mit ½%iger Kochsalzlösung zu gleichen Theilen auf den dem Bausch aufgelagerten Rückenmarkstheil träufelt. Ist die durch die Luft geführte Parthie des Stumpfes leicht nach vorn abschüssig, so ist keine Gefahr vorhanden, dass hierbei Strychnin weiter nach hinten fliesst und die capillare Ausbreitung der Strychninlösung nach hinten kann man dadurch verhindern, dass man, was schon zur Verhinderung des Eintrocknens nothwendig ist, von Zeit zu Zeit physiologische Kochsalzlösung auf die vordere Kante des Rückgratstumpfes träufelt. Das Aufträufeln der Strychninlösung auf den Bausch wiederholt man ebenfalls von Zeit zu Zeit.

Man hat jetzt nichts weiter zu thun, als abzuwarten und in nicht zu kurzen Intervallen die Reflexerregbarkeit zu prüfen. Man findet dann, dass allmälig die Tendenz zur Innehaltung der sprungbereiten Haltung zunimmt, oft so beträchtlich, dass diese Haltung wie eine elastische Gleichgewichtslage erscheint, indem jeder Versuch, das Bein aus derselben zu entfernen, auf Widerstände stösst, die mit dem Grade der Entfernung wachsen. Das durch die überwiegende Kraft der menschlichen Hand gestreckte Bein schnellt, losgelassen, dann in die sprungbereite Haltung zurück. Gelegentlich entwickeln sich alternirende Beugungen und Streckungen des Fusses, welche auf einmalige Berührung

einer Zehe in mehrfacher schneller Wiederholung eintreten. Mit zu den frühsten Syptomen gehört ferner eine Erhöhung der Leichtigkeit der Ausbreitung der Reflexe auf die andere Seite. Man kann hierbei nicht selten beobachten, dass das Anziehen des gereizten Beines sich mit Streckung des anderen vergesellschaftet. Auch folgt wohl dem Anziehen des gereizten Beines unmittelbar eine Streckung desselben Beines, doch tritt diese Erscheinung meist nur bei Präparaten von nicht frischen Fröschen oder nach leichten Schädigungen des freigelegten Rückenmarkstheiles ein.

Will man die beinbewegenden Apparate nicht durch zu häufige Prüfung ermüden, so kann man eine andere Reaction benutzen, um sich von dem erwünschten Fortschreiten der Giftwirkung zu überzeugen. Die Empfindlichkeit der an den Weichen stehen gebliebenen Haut nimmt nämlich ebenfalls zu und diese Zunahme äussert sich in immer wachsender Leichtigkeit, von diesen Hautstellen aus reflectorische Contractionen in den darunter gelegenen seitlichen Parthien der Bauchmuskeln auszulösen.

Die bisher beschriebenen Symptome unterscheiden sich in Nichts von denen, welche auch nach allgemeiner Strychninvergiftung eingetreten wären. Auch bei einer solchen ist das erste Stadium gekennzeichnet durch Erhöhung der Leichtigkeit und der Intensität, mit der die gewöhnlichen Reflexe, namentlich also auch der des Anziehens der Hinterbeine in die sprungbereite Haltung hervorgerufen werden können. Die Symptome des vorliegenden Stadiums enthalten also in sich keine Garantie dafür, dass es sich wirklich um eine auf das obere Dorsalmark beschränkte Strychninwirkung handelt. Hat man in dieser Beziehung noch Zweifel, welche übrigens bei sorgfältiger Handhabung des angegebenen Verfahrens kaum gerechtfertigt erscheinen dürften, so kann man dieselben dadurch verringern, dass man schon in diesem Stadium das direct mit Strychnin behandelte Rückenmarkstück abschneidet. Da das hiernach eintretende Zurückgehen der Reflexerregbarkeit auf oder unter das ursprüngliche Mass aber auf eine hemmende Wirkung des Schnittes bezogen werden könnte, thut man besser, ein weiteres Stadium der Giftwirkung abzuwarten. Dies bietet denn in der That Erscheinungen, welche von dem, was man bei vorschreitender allgemeiner Strychninwirkung zu sehen bekommt, so auffallend abweichen, dass man an der localen Beschränkung der Vergiftung nicht länger zweifeln kann.

Unsere Präparate zeigen nämlich in dem Stadium, in dem ein allgemein mit Strychnin vergifteter Frosch jedwede leichte Berührung mit intensiven Streckkrämpfen beantwortet, ebenso ausgebreitete Krämpfe desselben Characters mit dem einzigen aber sehr auffallenden Unterschied, dass der Gesammt-Effect der krampfhaft zusammengezogenen Muskeln in intensiver Beugung der Unterextremitäten, meist in allen Gelenken, jedesfalls im Hüftgelenk, besteht. Die Haltung der Beine weicht während der Dauer dieser Beugekrämpfe mehr oder weniger von der sprungbereiten ab. Der Oberschenkel ist im Hüftgelenk stärker gebeugt und, was bei der sprungbereiten Haltung nicht eintritt, nach innen gerollt, so dass sich die Kniee des auf dem Rücken liegenden Präparates erheben und der Mittellinie nähern. Dieses Einwärtsrollen kann bedingt sein durch Contraction der Adductoren und auch des Vastus internus. Letzterer Muskel ist dann sicher stark an Beugung und Einwärtsrollung des Oberschenkels im Hüftgelenk betheiligt, wenn die reflectorischen Starrkrämpfe mit Streckung im Kniegelenk verlaufen, in welchen allerdings nicht sehr häufigen Fällen eine Beinhaltung resultirt, wie sie der Frosch häufig beim Decapitiren gleichsam zur Abwehr des eingreifenden Instrumentes einnimmt.

Eine besonders starke Betheiligung des Vastus internus an den Reflexkrämpfen, welche nach localer Strychnisirung des oberen Dorsalmarks ausbrechen, zu constatiren, ist darum von besonderem Interesse, weil wir einen anderen Theil desselben Musc. triceps, den Vastus externus nämlich, bei einem durch das untere Lumbalmark vermittelten Reflex, jenem im § 3 besprochnen Rückwärtsgrätschen mit Auswärtsrollen eine hervorragende Rolle spielen sahen.

Die Thatsache, dass Beugekrämpfe bei unserem Verfahren auftreten, ist an sich für Jeden, der einigermassen mit den Strychninwirkungen an Fröschen vertraut ist, ein vollgültiger Beweis dafür, dass es sich um eine beschränkt gebliebene Vergiftung gehandelt hat, denn Beugekrämpfe treten bei allgemeiner Vergiftung mit Strychnin nie auf, wenn auch in den früheren Stadien derselben allerdings die gewöhnlichen coordinirten Beugereflexe erleichtert sind. Zum Ueberfluss kann man nun aber, nachdem sich die Beugekrämpfe ausgebildet haben, den der Giftwirkung direct ausgesetzten Theil des Rückenmarks durch einen in der Höhe der dritten Spinalwurzel geführten Schnitt entfernen.

Alle Krämpfe fallen dann fort und zwar sicher nicht in Folge einer Reizung von Hemmungsfasern, denn ein Schnitt in gleicher Höhe durch das Rückenmark eines allgemein vergifteten Frosches geführt, lässt die Streckkrämpfe fortbestehen. Durch das Eintreten der Beugekrämpfe an sich und durch ihr Fortfallen nach dem Schnitt ist also der sichere Beweis geführt, dass unsere Strychninwirkung auf den oberen Theil des Dorsalmarkes beschränkt geblieben war. Wenn wir nun in der ersten Phase dieser Wirkung ein leichteres Auftreten der durch die Lumbalwurzeln vermittelten gewöhnlichen coordinirten Reflexe nachweisen konnten, so ist dies nur so zu verstehen, dass durch das Strychnin die Erregbarkeit von reflectirenden Apparaten erhöht worden war, die, im oberen Theil des Dorsalmarkes gelegen sind und zu Reflexbögen der Lumbalwurzeln gehören. Unzweideutiger kann die Existenz langer Reflexbögen wohl nicht nachgewiesen werden. Von besonderem Interesse ist auch noch, dass diese langen Reflexbögen solche sind, durch welche die gewöhnlichen coordinirten Reflexe wesentlich, wenn auch nicht ausschliesslich vermittelt werden. Ich sage nicht ausschliesslich, denn nach Durchschneidung in der Höhe der dritten Wurzel treten die gewöhnlichen coordinirten Reflexe, wenn auch sehr abgeschwächt, wieder ein.

Zur Vervollständigung des Thatsächlichen ist nun noch zu erwähnen, dass, wenn man mit dem Schnitt länger wartet, die Beugekrämpfe in Streckkrämpfe übergehen, dass bei geschwächten Thieren oder missglückten Präparaten das Stadium der Beugekrämpfe fehlen kann, dass aber die durch unser Verfahren überhaupt hervorgerufenen Streckkrämpfe durch den Schnitt ebenfalls beseitigt werden, dass sie also durch Strychnisirung desselben Rückenmarkstheiles bedingt sind, welcher bei einem früheren Stadium der Giftwirkung und bei guten Präparaten Beugekrämpfe vermittelt. Ferner ist anzuführen, dass bei gesteigerter Erregbarkeit schon vor Ausbruch von Beugereflexkrämpfen durch leichtes Streichen der Gegend der zweiten Spinalwurzel Beugekrämpfe ausgelöst werden können, dass mechanische Reizung im Bereich der dritten und vierten Wurzel wenig Erfolg hat, dass aber am oberen Rande des fünften Wirbels über der Rückenmarksstelle, von welcher an abwärts jede Berührung intensive Streckung auslöst, eine kurze Strecke gelegen ist, deren leichte mechanische Reizung zunächst Contractionen der Muskeln in den Weichen

nnd dann Beugung der Beine hervorruft. Schlüsse aus diesen Beobachtungen zu ziehen, wollen wir nns anf später versparen.

Einer Frage müssen wir aber schon jetzt näher treten, derjenigen nämlich nach der Natur der reflectirenden Elemente, deren Existenz und nahe Beziehnng zu den von Lnmbalwurzeln vermittelten Beugereflexen wir im oberen Dorsalmark nachgewiesen haben. Dass nicht einfache Leitungsbahnen von der Natur markhaltiger Nervenfasern massgebend für die beschriebenen Erscheinungen gewesen sind, bedarf wohl keiner weiteren Erörternng. Die Elemente, welche wir nächst den genannten am besten kennen und von denen wir am meisten Grund haben anzunehmen, dass je eins derselben in jeden Reflexbogen eingeschaltet ist, sind die grossen Ganglienzellen der granen Vordersäulen. In diesen könnten wir nns sehr gut die Angriffspnnkte für die Strychninwirknng gelegen denken. Sollen oder dürfen wir nns aber vorstellen, dass die Muskeln der Hinterbeine, welche nach localer Strychnisirnng des oberen Dorsalmarkes an den erleichterten coordinirten Reflexen oder an den Reflexkrämpfen betheiligt gewesen sind, mit einem gewissen Antheil ihrer Fasern durch nnunterbrochene motorische Erregnngsleitung in intra- und extramedullären markhaltigen Nervenfasern direct von motorischen Ganglienzellen des oberen Dorsalmarkes abhängen? Dies wäre doch die Consequenz der Annahme, dass die Strychninwirkung in solchen Elementen ihren Sitz gehabt hätte, vorausgesetzt, dass wir nns alle grossen Zellen der grauen Vordersänlen als wesentlich gleichwerthig, jede als den Ursprungsort einer oder mehrerer motorischer Wurzelfasern und keines derselben anders als durch intra- und extramedulläre markhaltige Nervenfasern mit Mnskelfasern verbunden denken. Da wahrscheinlich erheblich weniger grosse Zellen in den grauen Vordersänlen vorhanden sind, als Nervenfasern in den vorderen Wurzeln und da jene Zellen histologisch als wesentlich gleichwerthig erscheinen, fehlt uns jeder Anhalt für die Annahme, dass unter diesen Zellen solche vorhanden seien, die wie Centurionen einer ganzen Zahl anderer präordinirt wären. Verführerisch muss eine solche Annahme freilich Jedem erscheinen, der es versucht, sich eine Vorstellung von den Veranstaltungen zu bilden, die im Central-Nervensystem der Coordination der Bewegungen vorstehen. Was könnte zweckmässiger erscheinen als eine Gliederung nach militärischem Muster. Proximal gelegene Ganglienzellen deren jeder eine gewisse Zahl weiter distal gelegener subordinirt wären,

welche letzteren dann ihrerseits eine gewisse Zahl von Mnskelfasern verschiedener Muskeln zu gemeinschaftlicher einheitlicher Zweckerfüllung beherrschten. Wegen Mangel jedes thatsächlichen Anhaltes für diese Vorstellung müssen wir aber der Annahme wesentlich gleicher und letztinstanzlicher Beziehnngen aller grossen Ganglienzellen der grauen Vorderhörner zu den Muskelfasern den Vorzug geben nnd wir nehmen also die Frage wieder anf, ob wir uns denken sollen, dass solche, in der bezeichneten Beziehung zu Muskelfasern der Hinterbeine stehende Elemente im oberen Dorsalmark vorhanden und in nnseren Versnchen durch Strychnin verändert worden sind.

Dass die erste centrale Projection jedes anatomisch einheitlichen Muskels nicht principiell einheitlich ist, habe ich wiederholt vertreten. Anzunehmen aber, dass sich die Ausdehnung der ersten centralen Projektion einzelner oder aller Hinterbeinmuskeln bis in das vordere Dorsalmark erstrecken sollte, erscheint allerdings kühn, wenn sich auch eine solche Anordnung vom Standpunkte einer aprioristischen Construction des Zweckmässigen, als im Interesse der fnnctionellen Zusammenfassung anatomisch getrennter aber im Sinne der Bewegungs-Coordination zusammengehöriger Muskeln vertreten liesse. Wir branchen uns hiermit aber weiter keine Mühe zu geben, denn die Thatsachen sprechen dagegen. Erinnern wir uns der im ersten Paragraphen beschriebenen Versuche, in denen auf Reizung der auch hier in Frage kommenden Partie des oberen Dorsalmarkes die Bewegung aller Beinmuskeln mit beträchtlicher Verzögerung erfolgte. Wir haben dies Versuchergebniss als einen Beweis gegen die Existenz von durchgehenden motorischen Fasern aus Hirn und verlängertem Mark zu den Wurzeln des Lumbalplexus angesehen. Sie enthalten aber ebenso gut auch den Beweis gegen die Existenz von durchgehenden motorischen Fasern aus motorischen Ganglienzellen des oberen, die Strychninvergiftung mit Beugekrämpfen der Unter-Extremitäten beantwortenden Partieen des Dorsalmarks. Motorische Ganglienzellen der Beinmuskeln liegen also nicht bis in diesen Theil des Rückenmarks hinein zerstreut, wenigstens nicht solche, welche wir als letztinstanzliche bezeichnet haben.

Die reflectirenden Apparate, welche in unseren Versuchen durch das Strychnin verändert wurden, waren also entweder solche grosse Ganglienzellen der Vorderhörner, die mit gar keinen Muskelfasern in directer Leitungsverbindung stehen, oder auch

solche, welche zwar motorischen Fasern des Armgeflechts direct zum Ursprung dienen, die aber ausserdem auf die Beinmuskeln und zwar durch Vermittlung noch anderer Rückenmarkselemente wirken — oder aber, und das ist bei dem Mangel jedes Anhaltes für die Annahme der Existenz von grossen Ganglienzellen mit einer der bezeichneten Verbindungsweisen zunächst das Wahrscheinlichere, es waren gar keine grossen Ganglienzellen und dann bleibt nur noch die Wahl zwischen kleinen Ganglienzellen und Fasern des Gerlach'schen Netzes. Dass zellige Elemente einen regeren Stoffwechsel haben werden als Fasern und dass sie deshalb auch leichter jener Labilität ihrer molecularen Structur verfallen werden, welche für die Strychninwirkung characteristisch zu sein scheint, ist keine zu gewagte Annahme und so bleibt als Schlussergebniss unserer Untersuchung übrig, dass diejenigen reflectirenden und coordinirenden Elemente, welche in unseren Versuchen von der Strychninwirkung betroffen wurden und wesentlich die von uns beobachteten Erscheinungen bedingt haben, wahrscheinlich solche kleine Ganglienzellen des oberen Dorsalmarkes gewesen sind, die zu den tiefer gelegenen motorischen Ganglienzellen der Muskeln der Unterextremitäten und namentlich zu denen der Beuger in naher functioneller Beziehung stehen.

§ 5. Versuch einer Definition und Topographie der wichtigsten Reflexcentren im Rückenmark des Frosches.

In den vorhergehenden Paragraphen ist einiges Material enthalten, welches dazu verleiten kann, einen Versuch zu einer vorläufigen Definition und Topographie der wichtigsten Reflexcentren im Rückenmark des Frosches zu wagen. Ehe wir jedoch hierzu schreiten können, müssen wir Einiges über die Mechanik der Hinterextremitäten dieses Thieres vorausschicken.

Das Verständniss des hier Vorzutragenden dürfte durch Betrachtung der in Fig. 3, 4, 5 gegebenen Zeichnungen nicht unwesentlich erleichtert werden.

Wir haben im Vorhergehenden immer schlechtweg von Beugung und Streckung der Hinterbeine gesprochen und den so bezeichneten Bewegungen hauptsächlich unsere Aufmerksamkeit zugewendet. Besondere Beachtung verdienen sie in der That, weil sie sich mit dem Anziehen in sprungbereite Haltung und

mit der Sprungbewegung selbst decken, mit zwei Bewegungen also, deren jede als eine aus bestimmten Bewegungs-Elementen in zweckmässiger Weise coordinirte angesehen werden muss und deren regelmässiges Alterniren dem wichtigsten Zweck des Bewegungs-Apparates überhaupt, das ist der Locomotion dient. Was die Fluchtbewegung vorbereitet, das ist das Anziehen der Beine in die sprungbereite Haltung und was sie ausführt, das ist die Sprungbewegung selbst, das muss unter der Mitwirkung von Apparaten geschehen, an denen das Wesentliche der die geordneten Reflexe vermittelnden Einrichtungen am besten sich erkennen lassen wird. Dass man vom Centralnervensystem nichts weiter als das Rückenmark braucht, um diese Einrichtungen an den genannten Bewegungen zu studiren, geht daraus hervor, dass ein nur aus der Wirbelsäule mit Rückenmark und den Hinterbeinen bestehendes Präparat, wenn man es auf die Bauchseite legt, sich mit grosser Virtuosität und leidlichem Erfolg auf die Flucht begeben kann.

Das Anziehen der Beine in die sprungbereite Haltung als Beugung zu bezeichnen, erscheint in Bezug auf die Bewegungen im Fuss- und Kniegelenk ohne Weiteres als berechtigt. Die Drehung des Oberschenkels im Hüftgelenk dagegen ist auf den ersten Blick vielmehr mit dem, was man beim Menschen Abduction nennt, zu vergleichen, denn das Knie wird dabei ungefähr in einer transversalen Ebene bewegt, so dass es seitwärts neben den Weichen zu liegen kommt. Die Muskeln, welche diese Bewegung veranlassen, sind aber homolog den Beugern des menschlichen Oberschenkels und dass sie beim Frosch jenen abducirenden Effect haben, liegt daran, dass der Oberschenkel des Frosches ein für allemal so stark nach aussen gerollt ist, dass die Kniescheibe, wenn der Frosch eine solche hätte, ihre Fläche rein seitwärts kehren würde. Dieser Grad der Auswärtsrollung scheint bei den gewöhnlichen Bewegungen des Froschbeins sehr wenig verändert zu werden, nur bei den durch das obere Dorsalmark vermittelten Beugekrämpfen sahen wir ihn ab-, bei den durch die kurzen Reflexbögen der untersten Lumbalwurzeln vermittelten Reflexen dagegen zunehmen. Nachdem dies vorausgeschickt ist, werden wir die beim Anziehen des Beines in sprungbereite Haltung ausgeführte Bewegung im Hüftgelenk ohne Furcht vor Missverständnissen eine Beugung nennen dürfen.

Um das ausgestreckte Bein in die sprungbereite Haltung

zu bringen, braucht der Frosch, wenigstens was die Bewegungen im Hüft- und Kniegelenk anlangt, nur einen Mnskel zu innerviren, nämlich den Musculus ileopsoas. Dieser starke eingelenkige Muskel ist beim Frosch der Benger des Oberschenkels κατ' ἐξοχήν. Ueber seine beugende Wirkung kann bei keiner Haltnng des Oberschenkels ein Zweifel sein. Er unterscheidet sich darin von andern Muskeln, welche wie der Vastus externus, den schon gebeugten Oberschenkel weiter beugen, von einer gewissen Streckung an aber strecken. Einen solchen Umschlag in der Wirkungsweise zeigen anch, glaube ich, die Adductoren. Es liegt dies daran, dass diese Muskeln ausserhalb der Drehungsebene des Os femoris gelegen, und oben so inserirt sind, dass die Resultante ihres Zuges bald auf die Beuge-, bald auf die Streckseite der sagittal gerichteten Drehaxe zu liegen kommt. Unter allen Umständen streckend auf den Oberschenkel wirken die von der distalen Rundung des Symphysenkammes entspringenden Muskeln (M. semimembranosus und rectus internus major). Diese Muskeln überspringen das Hüft- nnd Kniegelenk und sie bewirken wie die ebenfalls zweigelenkigen Mm. biceps und semitendiosus ansser der Strecknng in der Hüfte auch Beugung im Knie. Um letztere Bewegung zu vermitteln, brauchen diese Muskeln gar nicht einmal contrahirt zn werden, denn ihre natürliche Länge ist schon im rnhenden Zustand so klein, dass am todten Thier die dnrch Zug am Ileopsoas bewirkte Bengung der Hüfte sich ohne Weiteres mit der Beugung des Knies vergesellschaftet. Man sollte eigentlich erwarten, dass nach demselben Muster jede Bengnng am Kniegelenk bei schlaffen Streckern des Fussgelenkes von einer Dorsalflection des Fusses begleitet sein sollte, denn der M. tibialis anticus und der M. peroneus sind beim Frosch zweigelenkig und übersetzen mit ihren oberen Sehnen die Streckseite des Kniegelenks, so dass bei der Beugung des Kniees ein Zng an ihnen ausgeübt wird. Die natürliche Länge im ruhenden Zustand scheint bei diesen Muskeln aber nicht klein genug zu sein, wenigstens habe ich beim Zug am Ileopsoas ausser der Bengung am Knie nicht auch Dorsalflection des Fnsses zu sehen bekommen. Beim gewöhnlichen Anziehen der Beine in die sprungbereite Haltung wird der Frosch also — ausser gewissen Zehenmuskeln, von denen wir hier absehen wollen — wenigstens den M. ileopsoas und die Mm. tibialis ant. und peronens innerviren müssen, die Innervation dieser Muskeln genügt aber anch.

Ist das Bein erst in die sprungbereite Haltung gebracht und bleiben die genannten Muskeln stark contrahirt, so kann die Innervation aller anderen Beinmuskeln sehr beträchtlich anschwellen, ohne dass es zur Sprungbewegung kommt. Ist die Streckung des Fusses stärker behindert (durch Tib. ant. und Peroneus) als die Beugung im Knie, so wird der Gastroknemius als Kniebeuger wirken ebenso wie die zweigelenkigen Muskeln an der inneren Seite des Oberschenkels (Semimembr., Rect. int., Semitend., Bic.), so lange deren Wirkung auf das Hüftgelenk durch Ileopsoas und Triceps das Gleichgewicht gehalten wird. Sobald jedoch der Ileopsoas erschlafft, überwiegen die Muskeln an der Innenseite des Oberschenkels als Hüftstrecker, wofür sie in ihrer kniebeugenden Wirkung durch den Triceps um so leichter überwunden werden, wenn ihr bisheriger Cumpan, der Gastroknemius, in Folge gleichzeitiger Erschlaffung der Fussbeuger seine Hauptwirkung von dem Knie auf das Fussgelenk verlegen kann. Der Umschlag aus Beugung in Streckung wird noch dadurch begünstigt, dass ein Theil der Oberschenkelmuskeln, wie schon erwähnt (Vast. ext. und die Adductoren), von einer gewissen Stellung des Oberschenkels an, aus Hüftbeugern zu Hüftstreckern werden.

Der Vorgang bei der gewöhnlichen Locomotion des Frosches wird also darin bestehen, dass zunächst, wenn die Beine gestreckt waren, durch vorwiegende oder alleinige Thätigkeit des Ileopsoas und der Fussbeuger die sprungbereite Haltung herbeigeführt wird, dass dann die Innervation aller Beinmuskeln ziemlich gleichmässig anschwillt, bis ein erheblicher Spannungszustand erreicht ist, und dass endlich durch plötzliches Nachlassen des Ileopsoas und der Fussbeuger die Verausgabung der in Beugung angewachsenen Spannung für die den Sprung bewirkende Streckung bewirkt wird.

Da ein Sprung nur aus sprungbereiter Haltung möglich ist, so muss die starke Tendenz zur Einnahme dieser Haltung, wie sie sich an guten Reflexpräparaten kund gibt, sehr zweckmässig erscheinen. Der centrale Apparat, welcher der zu dieser Haltung führenden Bewegung vorsteht, kann sehr einfach sein, er braucht nur aus einer gewissen Summe Ganglienzellen zu bestehen, die zu den Fasern des Ileopsoas und der Fussstrecker in näherer Beziehung stehen als zu denen der übrigen Beinmuskeln und die von allen sensiblen Haut- und Sehnenstellen aus leichter

angesprochen werden, als andere gleichartige Elemente. Ueber die Lage dieses Apparates können wir nach dem Erfolg der Versuche mit lokaler Strychnisirung des oberen Dorsalmarkes nicht im Zweifel sein. Diese Lage muss auch als sehr zweckmässig erscheinen, denn hier wird der Apparat am leichtesten von jeder aus dem Hirn herabsteigenden Erregungswelle getroffen werden können, und welche Botschaft kann wichtiger sein als das Commando: „Sprungbereit". Zur Sprungbereitschaft gehört aber nach der oben entwickelten Vorstellung nicht nur Einnahme der sprungbereiten Haltung, sondern auch Spannung sämmtlicher Muskeln. Wir dürfen uns also nicht wundern, von dem ersteren Apparat räumlich nicht trennbar, nur in Erregbarkeit und Ausdauer von ihm verschieden einen anderen vorzufinden, der im mittleren Stadium der Strychninvergiftung mit ersterem gemeinschaftlich Beugekrampf, bei vorgeschrittener Giftwirkung dagegen, wenn der erste erregbarere, aber auch hinfälligere Apparat erlahmt ist, Streckkrampf vom oberen Dorsalmark aus bewirkt.

Weiter unten im Rückenmark liegen dann nur noch solche kleine Ganglienzellen, welche weniger leicht reflectorisch ansprechen und welche bei allen Stadien der Erregbarkeit auf alle übrigen Beinmuskeln in stärkerem Maass wirken als auf den Ileopsoas und die Fussbeuger. Ist eine aus dem Hirn herabsteigende Erregungswelle aus dem oberen Dorsalmark in diese Gegend übergegangen, dann entwickelt sich naturgemäss aus der vollkommenen Sprungbereitschaft der Sprung Wahrscheinlich erzeugt dann der mit der gestreckten Haltung verbundene eigenthümliche Haut- und Sehnen-Reiz reflectorisch im oberen Dorsalmark eine neue Erregungswelle und so fort, wenn nicht Erlahmung eintritt, wie am decapitirten Thier, oder Hemmungswellen vom Hirn her eingreifen unter normalen Bedingungen.

Ganz unten finden wir dann nur noch solche reflectirende Apparate vor, von denen Muscelcombinationen beherrscht werden, deren Gesammteffect nicht nur Streckung ist, sondern deren sämmtliche an diesem Effect betheiligte Componenten in diesem Sinne wirken. So sahen wir als einen der gewöhnlichsten durch die kurzen Reflexbögen der neunten und zehnten Wurzel vermittelten Reflexe Contraction des Vast. ext. eintreten, welcher unter allen Umständen Strecker des Kniees und bei einigermassen schon gestrecktem Bein auch Strecker der Hüfte ist.

Das Vorstehende wird genügen, um von der Art, wie ich das Reflex-Centrum für Einnahme der sprungbereiten Haltung, dasjenige für Sprungbereitschaft und das für den Sprung definiren und dem Ort, wo ich sie suchen würde, eine Vorstellung zu geben.

Das Wesentliche in dieser Vorstellung wäre die Annahme einer zweiten Art functioneller Coordination, welche zu derjenigen durch räumliche Zusammenordnung der motorischen Ganglienzellen, nach dem Typus der Nervenkerne der Augenmuskeln, hinzukommen könnte, und welche in einer mannigfaltigen functionellen Combination räumlich getrennter motorischer Ganglienzellen durch die Vermittlung von, räumlich von ersteren, nicht aber unter einander getrennten kleinen Ganglienzellen bestehen würde.

Meine Darstellung enthält natürlich Manches, was ich nicht streng beweisen kann. Sie ist auch nur dem Bedürfniss entsprungen, einen scheinbar verwickelten Vorgang von fundamentaler Bedeutung, in vernünftiger Weise einfach und ohne den bekannnten Thatsachen Gewalt anzuthun, vorzustellen. Wer solchen Constructionen principiell abhold ist, oder wer speciell die meinige für verfehlt hält, der wird wenigstens die von mir nachgewiesenen Thatsachen in seiner Weise verwerthen wollen. Um dies Jedem, der es thun will, zu erleichtern, will ich sie am Schluss noch einmal in kurzen Sätzen zusammenfassen.

Nachgewiesen zu haben glanbe ich also

1. dass durchgehende motorische Leitungsbahnen, von der Art markhaltiger Nervenfasern, aus Hirn und verlängertem Mark zu den Lumbalwurzeln im Rückenmark des Frosches nicht existiren.

2. Ebensowenig solche Leitungsbahnen von grossen Ganglienzellen der Vorderhörner im oberen Dorsalmark zu den Lumbalwurzeln.

3. Ebensowenig solche Leitungsbahnen, weder sensibler noch motorischer Natur vom Hirn und verlängertem Mark zu irgend welchen Spinalwurzeln im Rückenmark von Kaninchen und Katze. (Abgesehen von jenen durchgehenden vasomotorischen Bahnen *S. Mayer*'s.)

4. Dass im Gebiet der neunten und zehnten Lumbalwurzel des Frosches alle Bedingungen für das Zustandekommen von Reflexen vorhanden sind und dass die hier geschlossenen kurzen Reflexbögen wesentlich Streckung vermitteln.

5. Dass aus dem Lumbalmark des Frosches lange, unilaterale und bilaterale Reflexbögen in das obere Dorsalmark hinaufragen nnd zwar solche welche wesentlich Einnahme der sprungbereiten Haltung (Beugereflexe) bedingen.

6. Dass das Strychnin bei localisirter Application auf das obere Dorsalmark des Frosches nicht nur zu reflectorischen Streck-, sondern vorher zu Bengekrämpfen disponirt.

7. Dass von einer segmentären Anordnung der Reflexcentren im Rückenmark des Frosches nicht die Rede sein kann.

Sehr wahrscheinlich scheint mir ferner:

8. Dass beträchtlich mehr motorische Fasern in den Spinalwurzeln als grosse Ganglienzellen in den grauen Vordersäulen des Froschrückenmarkes vorhanden sind.

9. Dass soweit die Bewegungs-Coordination dnrch räumliche Zusammenordnung motorischer Ganglienzellen verschiedener Muskeln erreicht ist (Typus der Nervenkerne der Augenmuskeln), dieselbe dadurch unterstützt wird, dass diese Ganglienzellen grobe Anastomosen haben und zum Theil mehr wie eine motorische Wurzelfaser entsenden und

10. dass es functionelle Combinationen ränmlich getrennter motorischer Ganglienzellen durch die Vermittlung kleiner Ganglienzellen gibt, die ihrerseits in grösserer oder kleinerer Entfernung von den dnrch sie combinirten motorischen Ganglienzellen liegen, aber soferne sie einer bestimmten Combination dienen, mit einander räumlich zusammengeordnet sind.

Bemerkungen zu den Curven (Tafel IV).

Sämmtliche Curven sind mit dem Pendel-Myographion aufgenommen. In den Stimmgabelcurven hat je eine ganze Schwingung den Werth von 0,01 Secunden.

Curve I. 19./XI. 83. Ran. temp. ziemlich frisch. Präp. nicht entknocht. Einzelner Oeffnungs-Inductions-Schlag. 1—3 Med. sp. Gegend d. II. Wurzel. 4—7 Plex. lumb. Ganze Versuchsreihe, vom Lithographen nach dem Original copirt.

Curve II. 4./VI. 83 Ran. escul. frisch aus dem Main. Präp. nicht entknocht. Einzelner Oeffnungs-Inductionsschlag. A. Plexus lumb. starker Reiz. B. Med. spin. Geg. d. II. Wurzel starker Reiz. C. Plex lumb. schwacher Reiz. D. Med spin. Geg d. II. Wurzel schwacher Reiz. Vergleichbare Curvenpaare aus grösserer Versuchsreihe ausgewählt.

Curve III. 21./XI. 83. Ran. temp. frisch. Präp. nicht entknocht. Einzelner Oeffnungs-Inductionsschlag. 1. Med. spin. Geg. d. II. Wurzel. 10. Plex. lumb. Ausgewähltes Curvenpaar. Versuch von Stud. *Fuhr*.

Curve IV u. V, aus zwei sich unmittelbar folgenden Versuchsreihen ausgewählte Curvenpaare und zwar IV. am unentknochten, V. am entknochten Präparat. 17./XI. 83. Ran. temp. frisch. Einzelner Oeffnungs-Inductionsschlag; 3 und 10. Plexus lumbalis; 6 und 13. Med. spin. Gegend der II. Wurzel.

Curve VI. 31./V. 83. Ran. escul. frisch aus dem Main. Constanter absteigender Strom von sehr kurzer Dauer. 18 kleine Daniell's. 1. Med. spin. Geg. d. II. Wurzel ganzer Strom. 2. Plexus lumbalis 40 Mm du Bois'sches Rheochord als Nebenleitung. Ganze Versuchsreihe, vom Lithographen nach dem Original copirt.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Centralnervensystem des Frosches zur Topographie der hinteren Spinalwurzeln. 2 : 1.

Fig. 2. Schnitt durch das Lumbalmark des Frosches, Gegend des 8. Wurzelpaares. 30 : 1 Die bekannten Querschnittsbilder der markhaltigen Nervenfasern in den weissen Strängen sind fortgelassen. Die grossen und kleinen Ganglienzellen sowie die gesammte Configuration treu nach einem carmingefärbten Schnitt von $^1/_{60}$ Mm Dicke. Die Kerne nach Controle mit stärkerer Vergrösserung in die grossen Ganglienzellen eingezeichnet. Die kernfreien grossen Gebilde sind Abschnitte grosser Ganglienzellen, deren kernhaltiger Theil in einem der benachbarten Schnitte der Schnittserie liegt.

Fig. 3 u. 4. Muskelpräparate des Froschbeins, Knochen naturgetreu, Muskeln schematisirt. 3, von der Rücken-, 4, von der Bauchseite. c. i. Musculus coc-

cygeo-iliacus; gl. M. glntaens; i. p. M. ileopsoas; o. M. obturatorins; v. i. M. vastus internus; v. e. M. vastus externus; tr. M. triceps; add. Adductorengruppe; b. M. biceps; s. t. M. semitendinosus: s. m. M. semimembranosus; r. i. m. M. rectus internus major; g. M. gastroknemius; p. M. peronens; t. a. M. tibialis anticus; t. p. M. tibialis posticus. In Fig. 4 ist der M. vastus internus mit einem Fenster versehen, um den Ansatz des M. ileopsoas an das Os femoris zu zeigen (Benennung der Muskeln nach *A. Ecker*, Die Anatomie des Frosches. Braunschweig 1864.)

Fig. 5. Ran. escul. in sprungbereiter Haltung.

Zusammenstellung der wichtigsten Beinmuskeln des Frosches nach ihrer Wirkungsweise auf die einzelnen Gelenke.

1. Hüfte.

Anfangsstellung mehr gebeugt.		*Anfangsstellung mehr gestreckt.*	
Beuger	Strecker	Beuger	Strecker
Ileopsoas	Semim.	Ileopsoas	Semimembr.
Vast. int.	Rect. int.	Vast. int.	Rect. int.
Vast. ext.			Vast. ext.
Add.			Add.

2. Knie.

Beuger	Strecker
Semimembr.	Vast. int.
Rect. int.	— ext.
Semitend.	Tib. ant.
Biceps.	Peroneus
Gastrocn.	Extens. crur. br.

3. Fuss.

Beuger	Strecker
Tibial ant.	Gastroknem.
Peronens.	Tibialis post.

Zur Charakteristik einiger physiologisch und klinisch wichtigeren Farbenreactionen.[1])

Von

C. FR. W. KRUKENBERG.

(Aus dem chemisch-physiologischen Laboratorium der kgl. Universität Würzburg.)

Hierzu Taf. VI.

Nicht nur beim Nachweis des Hämoglobins und seiner nächsten Abkömmlingen, der Gallenfarbstoffe, des Hydrobilirubins, der Lipochrome und der Indolderivate sind die Absorptionsspectren der Farbstofflösungen ein untrügliches, ja in vielen Fällen sogar ein unentbehrliches Erkennungsmittel, sondern auch bei Aufsuchung mehrerer anderen, physiologisch und klinisch bedeutungsvollen Stoffe (z. B. bei dem Nachweis von Eiweiss nach *Adamkiewicz*'s Verfahren, der Gallensäuren nach *Pettenkofer*'s Methode, bei der Traubenzucker-Aldehydreaction von *Penzoldt*) hat man, um schliesslich zu einer endgültigen Entscheidung zu gelangen, immer wieder das Spectralverhalten feststellen und auf dieses sich bei seinen Schlussfolgerungen berufen und verlassen müssen. Nur die Spectren von verhältnissmässig wenigen, der physiologisch häufiger in Anwendung gezogenen Farbenreactionen sind durchgehends frei von charakteristischen Absorptionsstreifen; so z. B. die *Piria*'sche Tyrosinreaction, die *Millon*'sche Probe, die Xanthoproteïnreaction, die *Weyl*'sche Kreatininprobe, die bei der Harnuntersuchung in Frage kommende Eisenchlorid- und *Ehrlich*'sche Reaction. Wegen der wissenschaftlichen und practischen Bedeutung, welche aus diesem Grunde den spectroskopischen Untersuchungen jetzt allgemein eingeräumt wird, möchte ich auf einige Thatsachen aufmerksam gemacht haben, welche weniger bekannt zu sein scheinen, deren Kenntniss indess, wie ich glaube, einerseits allein vor groben Trugschlüssen bewahren kann, anderseits aber auch Mittel und Wege eröffnet, über die zahllosen Schwierigkeiten, welche sich

[1]) Ueber die Ausführung der Spectraluntersuchungen vgl. *Krukenberg*, Grundriss der medic.-chemischen Analyse. Heidelberg. 1884 S. 55—57 und Vergleichend-physiologische Studien. II. Reihe. III. Abth. Heidelberg. 1882. S. 2 u. 3.

der Deutung einer vereinzelten spectroskopischen Beobachtung darbieten, durch eine glücklich gewählte Reihe weiterer Spectraluntersuchungen hinwegzukommen.

Durch *Kühne*'s so genauen Bestimmungen der Lipochrombänder[1]) und *Kundt*'s theoretische Erörterung[2]) sind den angewandten Lösungsmitteln entsprechende Verschiebungen der Lichtabsorptionen bei vielen Pigmenten ausser Frage gestellt und ebenso ist für andere (z. B. für das Turacin, während das im Plasma gelöste oder an Blutkörperchen gebundene Hämoglobin in beiden Fällen das nämliche Spectralbild liefert) bewiesen, dass ihr spectroskopisches Verhalten im festen und gelösten Zustande ein differentes ist; auch dass sich bei gewissen Substanzen die Lage und Anordnung der Streifen mit der Säure des absorbirenden Salzes mehr oder minder verändert, ist von den sauren Hämatinen ebenso wie von den Didym-,[3]) den Uranoxyd- und Uranoxydulsalzen[4]) gleichfalls schon längere Zeit bekannt, dass dagegen das Spectrum mehrerer Farbstofflösungen successiven Wechseln unterliegt, hat noch nicht die genügende Berücksichtigung gefunden. Dass z. B. eins der Bänder, welche die *Pettenkofer*'sche Gallensäurereaction kennzeichnen, sich allmälig nach dem rothen Ende des Spectrums hin verschiebt, wurde erst von mir[5]) ganz kürzlich hervorgehoben, und dass Lösungen, welche ein und dieselbe reine Hämatinverbindung oder reines Hämatoporphyrin enthalten, ein oder das andere Band nicht in allen Fällen gleich gelagert zeigen, wurde von mir schon vor Jahren bemerkt,[6]) scheint den übrigen Untersuchern aber entgangen zu sein. Noch beachtenswerther, noch weit weniger bekannt als diese Thatsachen dürften indess die Verschiebungen der Absorptionsbänder in Farbstoffgemischen sein. *Kundt*[7]) be-

---

[1]) *Kühne*, Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I. 1878. S. 341—369, Bd. IV. 1882. S 169—248.

[2]) *A. Kundt*, Ann. d Chem. u. Physik. 1874. Jubelband. S. 615—624.

[3]) *Bunsen*, Ann. d. Chem. u. Physik. Bd. 128. 1866. S. 100—108.

[4]) *Oeffinger*, Die Lichtabsorption der Uransalze. Inaugural-Dissertation. Tübingen. 1866.

[5]) *Krukenberg*, Grundriss der medic.-chemischen Analyse. Heidelberg. 1884. Taf. IV, Spectr. 11.

[6]) *Krukenberg*, Die Farbstoffe der Vogeleierschalen. Würzburg. 1883. S. 115.

[7]) *A. Kundt*, a. a. O. — Vergl. auch *G. Krüss*, Ber. d. d. chem. Ges. Bd. 15. 1882. S. 1243—1249; *G. Krüss* u. *S. Oeconomides*, ebenda Bd. 16. 1883. S. 2051—2056.

richtet: „Versuche über die Absorption gemischter farbiger Medien hat *Melde* angestellt.“ — „Durch Combination der betreffenden Dispersionscurven ergibt sich leicht, dass bei Mischung zweier Substanzen, die nahe an derselben Stelle des Spectrums einen Absorptionsstreifen haben, nicht zwei Streifen in der Mischung auftreten, sondern ein einziger, dessen Lage eine mittlere ist zwischen den Streifen der Bestandtheile.“ Ein vollkommenes Zusammentreten zweier verschieden gelagerter Streifen im Sinne *Kundt*'s wird allerdings nur dann zu erwarten sein, wenn die Bänder bei den beiden farbigen Bestandtheilen der Mischung äusserst benachbart sind. Der Abstand zwischen dem dunkelsten Streifen im Spectrum des Chlorophyllgrüns (zwischen B und C) und dem ersten Oxyhämoglobinbande (hinter D) ist, wenn beide Farbstoffe in wässriger Lösung sich befinden, beispielsweise schon zu beträchtlich, als dass in einer Mischung derselben ein wahres Zusammenfliessen beider Bänder eintreten könnte. In derartigen Gemischen sieht man nur das Chlorophyllband,[1]) und zwar nicht unbeträchtlich nach dem blauen Ende des Spectrums hin verschoben (vergl. Taf. VI, Spectr. 1), während die Lage der beiden Oxyhämoglobinstreifen dieselbe wie in der ursprünglichen reinen Lösung geblieben ist.

Noch eine andere Beobachtung möchte ich nicht unerwähnt lassen, welche gleichfalls lehrt, wie sehr sich in unreinen Farbstoffgemischen die Absorptionsbänder der separirten Farbstofflösungen verschieben können, ohne dass ein Grund dafür ohne Weiteres anzugeben ist. Die Narben von Crocus sativus enthalten neben *Hansen*'s Anthoxanthin[2]) einen zweiten gelben Farbstoff, der in Wasser löslich ist, das Crocin oder den Polychroït ($C_{20} H_{13} O_{11}$). Das Spectrum des Lösungsgemisches beider Pigmente, welches durch directe Extraction der Crocusnarben mit Alkohol erhalten wird, ist auf Taf. VI, Spectr. 2 dargestellt; ihm entsprechen die beiden Absorptionsbänder α. Die auf der gleichen Spectralzeichnung mit β bezeichneten Contouren veranschaulichen die Absorptionsstreifen des gelben Crocuslipochromes (Anthoxanthin) nach der Verseifung in Petroläther gelöst, während mit γ die

---

[1]) In der wässrigen Lösung des Algenchlorophylls (aus Fucus vesiculosus), welche zu diesen Versuchen benutzt wurde, lagert das Spectralband etwas anders als in den wässrigen Lösungen des Chlorophyllgrüns dicotyler Pflanzen.

[2]) *A. Hansen*, Die Farbstoffe der Blüthen und Früchte. Würzburg. 1884.

Bänder bezeichnet sind, welche das Spectrnm eines Gemisches beider genannten Farbstofflösnngen (denen $\alpha + \beta$ entsprechen würden) anfweist. Kein zweites Beispiel würde ich anführen können, an welchem sich eine Verlagerung und ein Zusammentreten der Spectralstreifen so überzengend demonstriren liesse. Diese Erscheinungen nicht kennend oder sie unberücksichtigt lassend, hat sich gegenwärtig über ein offenbares Gemisch von Oxyhämoglobin mit mehr oder weniger Hämatin, über das sog. Methämoglobin *Hoppe-Seyler*'s, eine sehr nmfangreiche Litteratur entwickeln können.

Ueber alle diese Schwierigkeiten,[1]) welche sich einer Bestimmnng der Spectraleigenthümlichkeiten von Farbstofflösnngen entgegenstellen, ist jedoch, wie die Erfolge in den letzten Jahren gelehrt haben, bei einer verständigen Inangriffnahme der Untersuchnngen leicht hinwegzukommen, ja die Verschiebnngen, welche ein oder das andere Spectralband in Gemischen erfährt, sind sogar als werthvolle Hilfsmittel bei der Benrtheilung der Reinheit und der chemischen Individnalität von Substanzen zur Anwendung gelangt, und gewiss nicht übertrieben sind die Vorstellnngen englischer Aerzte, welche das Taschenspectroskop als ebenso nöthig bei der Ansübung ihres Bernfes erachten als der dentsche practische Arzt das Thermometer. Keineswegs sind es nur die Absorptionsspectren gefärbter Lösungen, welche dem praktischen Arzte die Auffindung normaler wie pathologischer Stoffwechselproducte erleichtern, unter Umständen sogar allein ermöglichen, sondern von einer genaueren Kenntniss der an gefärbten lebenden Organtheilen mittelst auffallenden Lichtes entworfenen Spectren lässt sich nicht nnr für die Ethnologie (dnrch spectroscopische Untersnchnngen der Haar- und Hautfärbnngen bei verschiedenen Völkerstämmen), sondern auch für die medicinische Praxis noch mancher diagnostische Fingerzeig (besonders bei pathologischen Hantfärbungen wie z. B. bei Morbus Addisonii) erwarten. Hat doch anch in jüngster Zeit

[1]) Die so sonderbaren, völlig aus der Luft gegriffenen Vermuthnngen, welche Utrechter Biologen noch jetzt zu hegen scheinen, dass z. B. gegen chemische Agentien so resistente Farbstoffe wie die Lipochrome und die gewöhnlichen rothen, blauen und violetten Blüthenfarbstoffe in der lebendigen Zelle andersartig wirken und andere sind als die aus den todten Zellen durch Lösungsmittel isolirten, sind durch die Arbeiten von *Kühne*, *Hansen* und mir als unrichtige aus der Wissenschaft definitiv beseitigt.

H. Quincke[1]) durch die spectroskopische Untersuchung des von der Haut bei Icterischen reflectirten Lichtes ein Beweisverfahren einzuschlagen verstanden, welches die Frage nach der Existenz eines von mehreren Klinikern angenommenen Hydrobilirubinicterus zweifellos endgültig entscheiden wird.

1. Kreatininproben.

E. Salkowski[2]) hatte bemerkt, dass wenn die bei der *Weyl*'schen Kreatininprobe[3]) gelb gewordene Flüssigkeit mit Essigsäure angesäuert und erhitzt wird, sich dieselbe zuerst grünlich, dann mehr und mehr blau färbt. Schon vor 2 bis 3 Jahren erkannte ich, dass der dabei entstehende, sehr beständige Niederschlag Berlinerblau ist, und dass das Kochen mit Essigsäure bei der *Salkowski*'schen Probe nur den Erfolg hat, freie Eisensalze aus organischen Verbindungen in der Flüssigkeit abzuspalten, welche mit dem, bei der *Weyl*'schen Reaction allmälig entstehenden Ferrocyannatrium Berlinerblau bilden. Es stand zu erwarten, dass ein geringer Zusatz von Eisenchlorid den nämlichen Effect hervorbringen werde, als das von *Salkowski* empfohlene Kochen der vergilbten Probe mit Essigsäure. Auch bei Anwendung frisch bereiteten Nitroprussidnatriums entsteht bei jeder, an normalem Harne ausgeführten und soeben gelb gewordenen *Weyl*'schen Reactionsprobe thatsächlich ohne Weiteres (selbstverständlich aber nur dann, wenn vor dem Eisenchloridzusatz durch irgend eine anorganische Säure überneutralisirt wurde) der Berlinerblauniederschlag.

An pathologischen Harnen beobachtet man jedoch nicht selten, wenn sich die damit gut gelungene *Weyl*'sche Kreatininprobe nach einiger Zeit aufgehellt hat, ein Ausbleiben der grünen oder blauen Färbung nach dem Kochen mit Essigsäure, und

---

[1]) *H. Quincke*, Arch. f. patholog. Anat Bd. 95. 1884. S. 125—139.

[2]) *E. Salkowski*, Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. IV. 1880. S. 133.

[3]) Weit znverlässiger als in der von *Weyl* beschriebenen Weise fällt die Kreatininprobe aus, wenn man die zu prüfende Flüssigkeit znerst mit Natronlauge und darauf mit wenigen Tropfen einer conc. Nitroprussidnatriumlösung versetzt. Bei dieser Versuchsanordnung wird die Reaction durch einen Ueberschuss von Natron nicht gestört, was sehr leicht geschehen kann, wenn man erst nach dem Zusatz des Nitroprussidsalzes alkalisirt.

wiederholt ist deshalb in solchen Fällen die auf Natron- und Nitroprussidsalzzusatz entstandene Färbung auf Aceton oder auf acetessigsaure Salze bezogen, während seltsamer Weise *le Nobel*[1]) bei der Kreatininreaction den Umschlag der gelben Farbe beim Kochen mit Eisessig in Grün oder Blau auf die Anwesenheit von Aceton bezieht. Ich fand ein Ausbleiben der Grünfärbung nach dem Kochen mit Eisessig bei 3 verschiedenen Phthisikerharnen, obgleich aus jedem derselben reichliche Mengen von Kreatininchlorzink gewonnen wurden. Sämmtliche drei Urine verfärbten sich nach dem Kochen mit Eisessig in's Braunrothe, ähnlich also wie es *Legal* am Harn von Diabetikern beobachtet hat. Auf Zusatz weniger Tropfen Salpetersäure und Eisenchlorid schied sich aber auch in diesen Fällen Berlinerblau aus und das Misslingen der *Salkowski*'schen Farbenreaction lässt sich deshalb doch wohl nur dadurch erklären, dass im Harne unter pathologischen Umständen Substanzen auftreten, welche die beim Kochen mit Essigsäure für gewöhnlich erfolgende Abspaltung freier Eisensalze aus der Nitroprussidverbindung des Kreatinins verhindern. Eine mit Natronlauge digerirte Lösung von unzersetztem Nitroprussidnatrium verfärbt sich auf Zusatz von Salz- oder Salpetersäure niemals in der Weise als bei gleichzeitiger Anwesenheit von Kreatinin; stets bedarf eine alkalische Nitroprussidnatriumlösung bis zu eintretender Zersetzung weit längerer Zeit als bei der *Weyl*'schen Kreatininprobe. Inwiefern sich auch andere Substanzen in diesem Punkte dem Kreatinin gleich verhalten, wird erst zu prüfen sein.

2. Indolreaction.

Gilt es, den Indolnachweis in Flüssigkeiten bei Anwesenheit nur sehr geringer Mengen dieses Körpers zu führen oder denselben zu einem eleganten und stets brauchbaren Vorlesungsversuche umzugestalten, so modificirt man die bekannte Methode mittelst Fichtenspahn und Salzsäure nach meinen Erfahrungen zweckmässig in folgender Weise: Man füllt die zu untersuchende Flüssigkeit in ein Reagensglas und gibt ihr durch Salzsäure eine stark saure Reaction; schüttelt darauf mit einigen Tropfen verharzten, dicken Terpentinöls, wartet wenige Minuten, bis die bei Gegenwart

[1]) *C. le Nobel*, Arch. f. exp. Pathol. und Pharmak. Bd. 18. 1884. S. 9.
[2]) *E. Legal*, Breslauer ärztl. Zeitschrift. 1883. Nr. 3 u. 4

von Indol allmälig eintretende Rothfärbung intensiver geworden ist, und schüttelt den Farbstoff schliesslich mit Aether aus; Alkohol, Chloroform, Essigäther, Schwefelkohlenstoff u. dgl. m. nehmen den Farbstoff ebenfalls mit grosser Leichtigkeit auf und färben sich damit, je nach der Concentration, übereinstimmend purpurviolett bis purpurroth. Noch in dem Aetherauszuge nimmt die Menge des Farbstoffkörpers bei längerem Stehen an der Luft meist erheblich zu, und in Folge dessen vertieft sich auch die Färbung immer mehr und mehr. Das Spectrum dieser Farbstofflösung (Taf. VI, $_3$) charakterisirt ein breites Absorptionsband um b, welches in der Schwefelkohlenstofflösung (Taf. VI, $_4$) viel verwaschener ist, bei Anwendung irgend eines der übrigen genannten Lösungsmittel aber gleich scharf wie in Aether erscheint. Dasselbe fällt nach dem blauen Ende des Spectrums zu weit steiler ab als nach dem Roth. Beim Alkalisiren der Lösungen, sei es durch Natron, Kali, Ammoniak oder durch Soda verschwindet die Purpurfärbung; beim Ansäuern kehrt dieselbe aber wieder. Dieses Verhalten erklärt, dass die Reaction nur in sauren Flüssigkeiten eintritt. Säuren gegenüber, auch gegen Salpetersäure nnd conc. Schwefelsäure erweist sich das Pigment sehr widerstandsfähig. Schon deshalb, weil der Farbstoff am Fichtenholz so energisch haftet, dass er demselbeu durch keines seiner Lösungsmittel zu entziehen ist, sich über sein Verhalten gegen Reagentien wie über sein Spectrum alsdann auch nur wenig oder gar nichts aussagen lässt, dürfte es sich empfehlen, bei Ausführung der Indolreaction den Spahn durch einige Tropfen Terpentinöl stets entbehrlich zu machen.

---

3. Die durch Brom oder Salpetersäure sich röthenden Producte bei der Trypsinverdauung.

Die sich durch Schwefelsäure oder durch Chlor- und Bromwasser röthenden Körper,[1]) welche bei der Trypsinverdauung in einem späteren Stadium der Enzymeinwirkung aus Fibrin und

[1]) Die durch Chlorwasser sich röthende Materie kannten bereits *Tiedemann* nnd *Gmelin* (Die Verdannng nach Versuchen. 2. Aufl. Heidelberg. 1831. S. 31 nnd 32), welche sie im Pankreassafte des Hundes anffanden, in dem des Schafes hingegen vermissten. *Claude Bernard* (Mémoire snr le pancréas. Comptes rendns.

anderen Eiweissstoffen oft in reichlicher Menge gebildet werden, sind bald, vielleicht in Hinblick auf das Erythrosin *Staedeler*'s,[1]) auf Tyrosin, auf Indol, dessen Reactionen bereits 1870 von *Radziejewsky*[2]) an den ätherischen Extracten von Fäces erhalten waren, oder auf einen andern Körper der Indigogruppe bezogen und schliesslich auch mit dem sog. Erythroproteïd,[3]) der rothen Färbung, welche man an der Brandjauche, an faulendem Fibrin, Caseïn und anderen Eiweisssubstanzen (z. B. der Muskeln) zu Stande kommen sah, in Verbindung gebracht; auch eine Uebereinstimmung mit

---

Supplément I. 1856 p. 403—409) sah die Röthung auch in der, der Pankreasverdauung unterworfenen Caseïnflüssigkeit wie an macerirtem Pankreas und anderen mit Wasser macerirten drüsigen Geweben (Leber, Milz, *Brunner*'sche Drüsen, Lymphdrüsen), in einem gewissen Stadium der Umsetzung auftreten. Ferner stellte *Bernard* fest, dass die sich röthende Substanz durch Bleiessig nicht gefällt wird, und hält die durch salpetrige Salpetersäure in den stark alkalisch gewordenen Gemischen bewirkte Rothfärbung mit der durch Chlor veranlassten für identisch; dass in den Pankreasinfusen die Färbung auf Salpetersäurezusatz erst in einem spätern Zersetzungsstadium als die Röthung durch Chlor erscheint, erklärt er sich durch die vermehrte Alkalescenz der Maccrationsflüssigkeit. Von Säuren soll nur die Salpetersäure oder vielmehr die salpetrige Säure denselben Effect als das Chlor besitzen. *Kühne* (Ber. d. d. chem. Ges. Bd. VIII. 1875. S. 206 ff.) substituirt dem Chlor das Brom und schliesst unter anderen aus dem nicht immer vergesellschafteten Eintreten der Chlor- und Salpetersäurereaction, dass der auch bei der Destillation mit den Wasserdämpfen übergehende, sich mit Salpetersäure röthende, durch salpetrige Säure und Salzsäure dunkelviolett werdende Körper (Indol oder eine diesem sehr nahe stehende Verbindung) ein anderer ist als derjenige, welcher durch Chlor oder Brom blassroth bis dunkelviolett (vgl. *Krukenberg*, Grundriss. S. 43) gefärbt wird; ersterer ist ein Product der Fäulniss und der aus ihm hervorgehende Nitrokörper mit dem, beim Indolnachweis mittelst salpetriger Salpetersäure entstehenden Farbstoffe wahrscheinlich identisch, der auf Chlor und Brom reagirende Körper ist dagegen ein Product reiner Trypsinverdauung, entsteht dabei aber nur aus Hemialbumose, nicht aus Antialbumose (vgl. *Kühne* u. *Chittenden*, Zeitschrift für Biologie. Bd. 19. 1883. Heft 2). An Verdauungsmischungen des Pankreasinfuses mit Eiweissstoffen beobachtete *Kühne* ferner hin, dass Erwärmen mit Schwefelsäure, Salzsäure, ja selbst mit Essigsäure die rothe Färbung gleichfalls hervorrief; wie sich zeigte, rührt dies von einem zuweilen nicht unbeträchtlichen Gehalte der Verdauungsflüssigkeiten an Nitriten her, da die Lösungen dann auch mit Schwefelsäure versetzte Jodkaliumstärke intensiv bläuten.

[1]) *Staedeler*, Ann. d. Chemie u. Pharm. Bd. 116. S. 87.

[2]) *Radziejewsky*, Arch. f. Anat. u. Physiologie. 1870. S. 43.

[3]) Vgl. *Virchow*, Zeitschr. f. rationelle Medic. Bd. V. 1846. S. 237 ff. *Scherer*, *Canstatt*'s Jahresb über d. Fortschritte d. ges Medicin im Jahre 1846. I. S. 100. *F. Bopp*, Ann. d. Chem. u. Pharmac. Bd. 69. 1849. S. 30 u. 31. *Schlossberger*, Chemie der Gewebe. II. 1856. S. 152 u. 153.

Boedeker's Chlorrhodinsäure,[1]) einer im Eiter gefundenen, „in wässriger Lösung durch Chlorwasser in verdünnten Lösungen zart rosenroth, in concentrirteren intensiv dunkelroth gefärbt" werdenden Säure hätte man vermuthen können.

Genauere Angaben über das Verhalten der bei Trypsinverdauung entstehenden Chromogene, welche mit Bromwasser oder mit Salpetersäure sich violett und purpurroth färben, liegen meines Wissens nicht vor, und ich benutzte deshalb eine Quantität tryptisch verdauten rohen Fibrins, welche ausnehmend stark diese Farbenreactionen zeigte, dazu, wenigstens die hauptsächlichsten Eigenschaften der so gewonnenen Farbstoffe festzustellen.

Eine grössere Portion der verdauten Masse wurde mit Essigsäure angesäuert und alsdann so lange mit Bromwasser versetzt, als sich die auftretende Violettfärbung noch verstärkte. Der entstandene violette, in der Verdauungsflüssigkeit lösliche Farbstoffkörper liess sich mit Aether wie Chloroform ausschütteln und zeigte in seinen Lösungen ein deutliches Absoptionsband um D (Taf. VI, $_5$). Durch Sublimat wird das Pigment aus seinen Lösungen fast vollständig niedergeschlagen, vollständiger noch durch Silbernitrat, welches dabei schon in der Kälte eine Reduction erleidet. Essigsäure + Ferrocyankalium fällen die Substanz ebensowenig als Salzsäure + Phosphormolybdänsäure. Das Chromogen, welches diesem violetten Farbstoffe zu Grunde liegt, dialysirt durch vegetabilisches Pergament, geht beim Ausschütteln aber weder in Chloroform noch Aether über und war auch im Destillate der verdauten Masse nicht nachzuweisen; bei Einwirkung einer Temperatur von nahezu 100° C. wie auch bei gewöhnlicher Temperatur nach mehrtägiger Aufbewahrung der Flüssigkeit an der Luft wird es verhältnissmäsig rasch zersetzt.

Neben diesem Körper hatte sich während der Trypsineinwirkung aus dem Fibrin noch ein anderes Chromogen gebildet, welches sich gleichfalls als diffusabel erwies, in das Destillat des Verdauungsgemisches aber unzersetzt überging und sich letzterem durch Ausschütteln sowohl mit Chloroform wie mit Aether entziehen liess. Beim Verdunsten des Chloroform — wie Aetherauszuges blieb die Substanz als eine braune, harzartige, in destillirtem Wasser unlösliche, in alkalischen Flüssigkeiten

[1]) *Boedeker*, Zeitschrift für rationelle Medic. Neue Folge. Bd. VI. 1855. S. 198—200.

dagegen leicht lösliche Masse zurück, welche beim Ansäuern der alkalischen Lösung in weissen Flocken niederfiel. Dieses Chromogen färbt sich mit Salpetersäure purpurroth, mit Salzsäure dunkelblutroth. Der so erhaltene Farbstoffkörper diffundirt durch vegetabilisches Pergament, löst sich in Alkohol, Aether und Essigäther, liess sich hingegen durch Chloroform der Verdauungsflüssigkeit nicht entziehen. Das Spectrum seiner alkoholischen Lösung zeigt ein breites Absorptionsband zwischen D und F (Taf. VI, $_6$), welches bei der wässrigen Lösung eine stärkere Verdunklung der grünen Strahlen aufweist. Wurde das purpurrothe Salpetersäureproduct mit Aether aufgenommen, der Aether verdunstet und der Verdampfungsrückstand in Alkohol gelöst, so erschien im Spectrum bei geeigneter Schichtendicke der Lösung die Andeutung eines Absorptionsbandes bei F (Taf. VI, $_7$), vielleicht derselbe Streifen, welchen das Salzsäureproduct (Taf. VI, $_9$) mit so grosser Schärfe zu erkennen gab. Beim Neutralisiren entfärben sich die durch Salpetersäure wie Salzsäure erzeugten purpurrothen Farbstofflösungen, beim Abstumpfen des Alkalis durch irgend eine Säure erscheint jedoch die Röthung sofort wieder. Die alkoholische Lösung lässt sich mehrere Minuten im Sieden erhalten, ohne dass der Farbstoff dadurch sogleich verändert wird; erst nach längerem Stehen bildet sich ein roth gefärbter Bodensatz, welcher eine Veränderung des Pigmentes durch anhaltendes Kochen andeutet. Nach längerem Einleiten von Schwefelwasserstoffgas (je nach der Concentration der Flüssigkeit 10 bis 30 Minuten) bleibt die purpurrothe alkoholische Lösung nur schwach bräunlich gelb gefärbt, nach anhaltendem Schütteln mit Sauerstoff kehrt aber die Rothfärbung, nur minimal geschwächt, zurück; lediglich locker gebundenen Sauerstoff entziehend, kann demnach der Schwefelwasserstoff auf das Pigment einwirken.

Das verschiedene Verhalten des durch Bromwasser- und des durch Salpetersäurezusatz indicirten Körpers gegen Wärme, die differenten Färbungen und die abweichenden spectroskopischen Eigenschaften der durch das ein und das andere dieser beiden Reagentien hervorgerufenen Farbstoffe weisen mit Bestimmtheit darauf hin, dass von der Salpetersäureeinwirkung ein anderes Chromogen betroffen wird als von dem Bromwasser. Indess dürfte es sich bei beiden Reactionen um chemisch nahe verwandte Substanzen handeln; auch nach Behandlung der Verdauungsflüssigkeit mit Bromwasser bleibt an dieser ein nach-

folgender Salpetersäurezusatz insofern effectlos, als dadurch kein rother Farbenton, sondern ein goldgelber (Taf. VI, Spectr. 8) erzielt wird, der, wie bei der Xanthoproteïnreaction, nach Ammoniakzusatz in Gelbbraun umschlägt.

Aus den Reactionen ergibt sich, dass keines der beiden Chromogene eine Eiweisssubstanz darstellt, und dass ihre Umwandlung in gefärbte Materien auch nichts chemisch gemeinsam hat mit der Ueberführung des Tyrosins in Erythrosin. Es wird sich in unseren beiden Fällen voraussichtlich um Körper aus der Indigogruppe handeln, deren Auftreten es zwar unwahrscheinlich machen könnte, dass nicht auch geringe Indolmengen bei fäulnissfreier Trypsinverdauung entstehen und durch die auf diesen Körper so scharfen Reactionen unter Umständen auch nachzuweisen sind; wegen der Aehnlichkeit mit der an Coffeïn- und Paraxanthinlösungen auftretenden Färbung durch Chlorwasser (*Weidel*'sche Reaction) könnte man bei dem, auf Bromzusatz erscheinenden Farbstoff auch wohl an einen Körper der Xanthingruppe denken.

In der Färbung, in dem Verhalten gegen Lösungs- und Fällungsmittel wie in den spectroskopischen Eigenthümlichkeiten erweisen sich mit unseren Farbstoffen die beiden Körper als völlig identisch, welche in der nämlichen Weise aus gefaultem Fibrin erhalten werden. Ich habe mich darauf beschränkt, auf Taf. VI, $_{10}$ nur das Spectrum des durch Salpetersäure in gefaultem Fibrinwasser erzeugten Farbstoffes wiederzugeben, welcher von den gleichzeitig ausfallenden Eiweisskörpern niedergerissen, durch Ausschütteln mit Alkohol leicht wieder in Lösung zu bringen ist. Da sich von seinem Chromogene gewöhnlich nur wenig bildet, ist ein zu reichlicher Salpetersäurezusatz ebenso wie die Anwendung einer zu starken Säure bei der Hervorrufung des Farbstoffes zu vermeiden. — Die Chlorrhodinsäure *Boedeker*'s kann ebenfalls nichts anderes als einer unserer beiden Körper sein.

Da sowohl der durch Brom wie durch Salpetersäure in den Verdauungs- und Fäulnissflüssigkeiten entstandene Farbstoff spectroskopisch scharf gekennzeichnet ist, so schien es mir wichtig zu sein, die an indolhaltigen Lösungen in ähnlicher Weise hervorzurufenden Färbungen mit jenen spectroskopisch zu vergleichen; war es doch schon 1846 *Bopp* aufgefallen, dass sich bei der Fäulniss von Albumin, Fibrin und Caseïn „ganz derselbe intensive und alles durchdringende Geruch verbreitet, welcher während der

Schmelzung dieser Eiweissstoffe mit Kali auftritt.“ [1]) Synthetisch dargestelltes Indol stand mir leider nicht zur Verfügung, und ich unterwarf deshalb zur Gewinnung einer indolhaltigen Flüssigkeit ein Gemisch von Caseïn und der achtfachen Menge pulverisirten Kalis der trocknen Destillation.[2]) Die zur Indolreaction verwendete salpetrige Salpetersäure bereitete ich durch Erwärmen von Rohrzucker mit conc. Salpetersäure bis zum Auftreten der rothbraunen Dämpfe von Stickstoffbioxyd.

Die auf Zusatz der Säure zu der Indollösung entstandene kirschrothe Flüssigkeit wurde mit Aether ausgeschüttelt; sie enthielt mindestens zwei verschiedene Farbstoffe, von denen der Eine in Aether vollständig überging, der Andere in der wässrigen Lösung verblieb. Der purpurfarbige Aetherauszug zeigte ein scharf begrenztes Absorptionsband zwischen b und F (Spectr. 26), welches schon vor der Aetherbehandlung, wegen farbiger Verunreinigungen zwar nach dem Blau weniger deutlich abgesetzt, in der sauren, wässrigen Flüssigkeit gesehen war (Spectr. 25). Der diesen Streifen im Spectrum zeigende Körper ging auch beim Ausschütteln der wässrigen Lösung in Chloroform über und erschien in dem Chloroformauszuge nicht anders gelagert als in dem ätherischen. Nach anhaltender Aetherbehandlung erwies sich das Spectrum der kirschrothen wässrigen Flüssigkeit als frei von Absorptionsstreifen (Spectr. 26, α).

Es ist bekannt, dass man, um eine schöne Rothfärbung zu erzielen, mit dem Salpetersäurezusatz sowohl bei dem eiweisshaltigen Fäulnissgemischen wie bei den pankreatischen Verdauungsflüssigkeiten sehr vorsichtig verfahren muss, und dass der Farbstoffkörper in reinerem Zustande leichter durch verdünnte Salpetersäure als durch concentrirte oder durch salpetrige Säure verunreinigte Salpetersäure erhalten wird. Ich prüfte deshalb die indolhaltige Flüssigkeit auch von diesem Gesichtspunkte aus, indem ich eine Portion derselben statt mit salpetriger Salpeter-

---

[1]) *Bopp* (a. a. O., S. 30) beobachtete zugleich, dass Aether den Geruch aus der faulenden Flüssigkeit vollständig aufnahm und nach dem Verdampfen einen Anflug von Krystallen zu Gruppen vereinigte Blätter, zurückliess, die den Geruch in hohem Grade besassen. „Mit Salzsäure oder Schwefelsäure behandelt, färben sich diese Blättchen rosenroth, das in ein dunkles Braunroth übergeht, indem sich Oeltröpfchen bilden, die sich nach und nach in der Flüssigkeit lösen.“

[2]) Vgl *Kühne*, a. a. O. S. 208.

säure mit wenig verdünnter reinen Salpetersäure und eine andere mit reiner Salzsäure versetzte. Erst beim Schütteln mit Aether, in Folge dessen die Indolreaction mit Terpentin und Salzsäure ebenfalls erst prägnanter hervortritt (vgl. S. 185) wurde in beiden Proben eine schön kirschrothe Färbung erzielt, welche zum Theil in den Aether überging, sich aber als spectroskopisch (Spectr. 27) gleich, jedenfallls als sehr verwandt dem im Aether löslichen Antheile bei der Reaction mit salpetriger Salpetersäure (Spectr. 26) erwies. Von dem Farbstoffe, der sich in reichlichem Masse gebildet hatte, blieb trotz mehrmaligen Ausschüttelns mit Aether viel in der wässrigen Flüssigkeit zurück, welche gewiss nur deshalb das nämliche Spectralverhalten (Spectr. 28) wie der ätherische Auszug zeigte, ausser diesem Farbstoffkörper aber kein anderes, durch eine Absorption im Spectrum characterisirtes Pigment enthielt. Das spectroskopische Verhalten der durch Fäulniss oder Pankreasverdauung unter der Einwirkung der verdünnten reinen Salpetersäure entstandenen rothen Materie einerseits, und der bei der Indolreaction mit salpetriger Salpetersäure auftretenden anderseits weicht zu sehr von einander ab, als dass an eine Identität beider Farbstoffkörper gedacht werden könnte; nur zwischen den Spectren der Salzsäureproducte besteht eine gewisse Uebereinstimmung, und es scheint mir auch nicht ganz unmöglich, dass durch diese Säure zwei verschiedene Chromogene in den nämlichen Farbstoff umgewandelt werden. Beim Kochen verändert sich allerdings auch die Rothfärbung bei der Indolreaction (mit reiner Salpetersäure) nicht; leitet man indess Schwefelwasserstoff ein, so geht (zum Unterschiede von dem bei der Fäulniss oder Trypsinverdauung entstandenen Körper) die Farbe in ein bräunliches Gelb über, welches sich auch nach noch so lange fortgesetztem Schütteln mit Sauerstoff nicht in das ursprüngliche Roth zurückverwandelt.

Die Versuche, durch mehrstündiges Kochen von Caseïn mit 2—10%iger Schwefelsäure den Indolfarbstoffen spectroskopisch gleichende Substanzen zu erhalten, schlugen bislang sämmtlich fehl; Aether nahm in diesen Fällen gewöhnlich gelbe Materien aus der mit Baryumcarbonat neutralisirten röthlich oder violett gefärbten Masse auf und nur rothbraune Alkoholauszüge waren aus dieser zu gewinnen, deren Spectren keine circumscripte Absorptionen darboten. Jenen ebensowenig verwandt ist der, beim Kochen fester Eiweisssubstanzen mit concentrirter roher Salz-

säure in diese übergehende purpur-violette Farbstoff, welcher beim Verdünnen der Säure mit Wasser zum grossen Theil in blauvioletten Flocken ausfällt; die Spectren des purpurvioletten Filtrates und der unverdünnten Lösung des Farbstoffes in concentrirter Salzsäure zeigen Verdunklung des Grün (Spectr. 30), ähnlich einer durch Kupfervitriol und Natronlauge purpurroth gewordenen Peptonlösung (Spectr. 31). Dieser Farbstoffkörper ist in Chloroform wie Aether völlig unlöslich, und nur Spuren gehen aus dem, beim Verdünnnen der salzsauren Lösung mit Wasser entstandenen Niederschlage in Alkohol mit unansehnlich gelblicher Farbe über. Ammoniak färbt die Salzsäure-Lösung bräunlich gelb, durch concentrirte rohe Salzsäure wird aber ein Theil des Farbstoffes regenerirt.

---

4. Farbenreactionen des Harnes.

A. Die bei den Indicanreactionen in normalen und pathologischen Urinen auftretenden Färbungen.

In dem Grundriss der medicinisch-chemischen Analyse wurde von mir S. 124 zuerst darauf hingewiesen, dass bei Ausführung der Indicanprobe am Harn (vgl. ebenda S. 88) bald ein rother oder ein blauer Farbstoff, bald ein Gemisch von beiden in Aether oder Chloroform übergeht. Die diesen Farbenunterschieden entsprechenden Spectralbilder wurden von mir damals (Grundriss Taf. IV, Spectr. 14) ebenfalls mitgetheilt und treten auch auf der, dieser Abhandlung beigegebenen Tafel in Spectrum 13 deutlich hervor, wo der Streifen vor F dem rothen, der vor D dem blauen Farbstoffe entspricht.

Bei Untersuchung pathologischer Harne stiess Herr Dr. *Fr. Müller*, Assistenzarzt am hiesigen Julius-Hospital, als er die Indicanprobe mittelst Salzsäure und Chlorkalk anstellte, noch auf zwei oder drei andere rothe Pigmente, welche spectroskopisch nicht minder scharf charakterisirt sind als die beiden, nach reichlicher Fleischnahrung in einem völlig normalen Harne nie fehlenden Indicanfarbstoffe. Mit Einwilligung dieses Forschers theile ich, um die möglichste Vollständigkeit zu erreichen, auf Taf. VI, $_{11-13}$ die Spectren der von ihm, durch die Indicanreaction entdeckten rothen Farbstoffkörper pathologischer Harne mit, über welche hier nur Weniges zu bemerken nöthig ist, weil dieselben

demnächst von Herrn Dr. *Müller* ausführlicher beschrieben werden sollen.

1) kam ein Typhusharn zur Beobachtung, welcher sich bei Ausführung der Indicanreaction rosa färbte und den Farbstoff an Aether abgab. Das Spectrum der ätherischen Lösung (Taf. VI, $_{1}$) lässt keinen Zweifel bestehen, dass es sich in diesem Falle um den nämlichen Farbstoffkörper handelte, der aus gefaulten Eiweisssubstanzen und tryptischen Verdauungsgemischen auf Salpetersäurezusatz erhalten wird.

In pathologischen Harnen sieht man, wie bekannt, durch verdünnte reine Salpetersäure häufig rothe Farbentöne auftreten, die beim Erwärmen sich gewöhnlich noch verstärken. Mir zeigte jüngst ein blassgelb gefärbter Schrumpfnierenharn diese Reaction in ausgesprochenem Masse. Das die Röthung durch Salpetersäure erfahrende Chromogen war durch viele Substanzen, welche die Eiweissstoffe quantitativ fällen (z. B. durch Essigsäure + Ferrocyankalium, Salzsäure + Phosphormolybdänsäure), nicht aus dem Harne niederzuschlagen, so dass es sich dabei sicherlich um keinen Körper aus jener Gruppe handeln konnte. Nach dem Salpetersäurezusatz zeigte sich der Farbstoff gelöst und färbte das Filtrat, ging aus diesem aber weder in Aether noch in Chloroform über. Während mässiges Erwärmen den Eintritt der Röthung beschleunigte, wurde der Harn bei längerem Kochen missfarbig und verfärbte sich mehr in's Gelbe; auf Zusatz von Natronlauge entstand eine Orangefärbung. Der beim Erwärmen mit Salpetersäure violettroth gewordene Harn wies im Spectrum nur das Band des Hydrobilirubins auf, welcher negative Befund indess zu seiner Charakteristik ebensowenig beitragen kann als für die von *Nencki*[1]) und *Brieger*[2]) beschriebenen rothen Harnfarbstoffe, weil die Bänder, welche die Spectren 6, 10 und 11 unserer Tafel zeigen, erst in sehr farbengesättigten Flüssigkeiten deutlich werden, wie solche in jenen Fällen bestimmt nicht vorgelegen haben. Ich glaube annehmen zu sollen, dass die auf Salpetersäurezusatz in pathologischen Harnen erscheinende Röthung meist dem nämlichen Körper zuzuschreiben ist, dem das in 6, 10 und 11 entworfene Spectrum angehört.

---

[1]) *Nencki*, Ber. d. d. chem. Gesellsch. Bd. VII. 1874. S. 1593.

[2]) *Brieger*, Zeitschr. f. physiolog. Chemie. Bd. IV. 1880. S. 414—418.

Bei Berührung mit der Luft sich allmälig stark röthende Fäcalmassen,[1]) deren alkoholische und ätherische Auszüge ich gleichfalls mit Herrn Dr. *Müller* der spectroskopischen Prüfung unterwarf, boten uns nur einen, dem sauren Hydrobilirubinband entsprechend gelagerten Streifen dar. Die Rothfärbung dieser Fäcalmassen erinnerte ausserordentlich an die eines zinnoberrothen Farbstoffes, welchen ich aus *Liebig*'schem Fleischextract nach Fällung mit Bleizucker und Bleiessig gewann, welcher aber erst durch Einwirkung des Luftsauerstoffs langsam entstanden war. Derselbe schied sich mit dem Inosit aus der, durch Schwefelwasserstoff entbleiten, mit Alkohol und wenig Aether versetzten Fleischflüssigkeit aus, erwies sich völlig unlöslich in Aether und Alkohol, auch von kaltem Wasser wurde er nur in Spuren aufgenommen, von siedendem dagegen mit goldgelber Farbe rasch gelöst. Das Spectrum seiner wässrigen Lösung, welche sich sehr bald wieder entfärbte, zeigt ein dem Hydrobilirubin sehr ähnlich gelagertes Spectralband bei F (Spectr. 29), mit welchem dieser Körper aber trotzdem nicht identisch sein kann, weil Alkalien denselben sofort fällen, ja zerstören und seine Lösungen auf Chlorzink- und Ammoniakzusatz sich niemals annähernd den hydrobilirubinhaltigen Flüssigkeiten verfärben. Das Spectrum frischen Fleischextractes zeigt den Absorptionsstreifen nicht; es fand sich der Farbstoff in diesem demnach nicht präformirt vor, sondern war erst bei der Verarbeitung des Fleischextractes entstanden.

---

[1]) Derartige Rothfärbungen sind an Stühlen häufig gesehen. *Kühne* (Lehrbuch der physiolog. Chemie. Leipzig 1868. S. 151 u. 152) sagt darüber Folgendes: „In den schleim- und eiweisshaltigen Excrementen entsteht öfter durch Chlorwasser dieselbe rosenrothe Reaction wie in zersetztem Pankreassaft und wie im Inhalte des Iejunum, sodass auf den Gehalt noch nicht völlig zersetzten Pankreassaftes geschlossen werden kann. Es dürfte sich der Mühe lohnen, solche Fäces auf Tyrosin zu untersuchen. Andere derartige Fäcalmassen färben sich bisweilen schon beim Stehen an der Luft röthlich, was auch bei den Choleradejectionen vorkommen soll. Den ersten Aufschluss über die Ursache dieser Färbung dürfte vielleicht ein merkwürdiger und überraschender Befund von *Liebig* ergeben, der in einer „schleimigen Darmentleerung" (Katarrh?), die an der Luft, namentlich da, wo sie auf den Wänden des Gefässes eingetrocknet war, röthliche Farbe annahm, Alloxan fand. Aus der in Wasser wieder aufgeweichten Masse konnte dieser Körper mittelst Diffusion durch vegetabilisches Pergament von den übrigen Substanzen isolirt werden und durch alle Reactionen seine Identität mit dem Alloxan aus der Harnsäure nachgewiesen werden."

2) gab der Harn eines anderen Typhuskranken nach Behandlung mit Salzsäure und Chlorkalklösung einen intensiv kirschrothen Farbstoff an Aether ab, der sich in der ätherischen Lösung jetzt schon über ein Jahr unverändert erhalten hat. Das Spectrum desselben (Spectr. 12) lehrt, dass ein anderes Pigment als in den vorigen Fällen vorlag. Ob dieser Farbstoff das Urorubin von *Plósz* [1]) ist, lässt sich den Angaben dieses Forschers nicht entnehmen, da die für die einzelnen Harnfarbstoffe allein charakteristischen Spectralverhältnisse von *Plósz* zu ungenügend beschrieben sind; über das Spectrum des Urorubins wird nur mitgetheilt, dass eine ätherische Lösung starke Absorption von D bis F kein anderes Spectralband aufweist. Die Löslichkeit in Amylalkohol theilt das Urorubin nicht nur mit unserem, in Frage stehenden rothen Harnfarbstoffe, sondern auch mit dem, durch Fäulniss aus Eiweisskörpern hervorgehenden Salpetersäureproducte, dessen alkoholischer Lösung Spectr. 10 entspricht. Durch keine andere Flüssigkeit liess sich letztgenanntes Pigment den gefärbten Eiweisssubstanzen so leicht entziehen als durch Amylalkohol, und sowohl sein Spectralverhalten wie sein bei Sauerstoffentziehung entstehendes farbloses Chromogen, welches Schütteln mit Sauerstoff in den rothen Farbstoffkörper zurückverwandelt, deuten an, dass vielmehr mit diesem *Plósz's* Urorubin identisch ist.

3) lieferte der Harn eines Icterischen bei der nämlichen Anstellung der Indicanprobe eine purpurfarbige ätherische Lösung, deren Spectrum neben den beiden Indicanstreifen normaler Urine als Besonderheit ein Band zwischen D und E besass. Der Farbstoff ging auch in Chloroform über und wurde im Harne von anderen Icteruskranken und von Syphilitikern wiedergefunden, in einem Falle auch ziemlich rein von den beiden Indicanfarbstoffen in ätherische Lösung übergeführt. Auf der Anwesenheit geringer Mengen dieses Pigmentes wird es wahrscheinlich beruhen, wenn sich der Indicanstreifen vor D noch über diese Linie scharf abgestuft hinaus fortsetzt und die ihn darstellende Curve alsdann eine sog. Nase zeigt.

B. Die durch Eisenchlorid bewirkten Röthungen pathologischer Urine.

Die bei Diabetes, fieberhaften Krankheiten etc. an Urinen häufig beobachtete, durch wenig Eisenchlorid bewirkte braunrothe

[1]) *P. Plósz*, Zeitschr. f. physiolog. Chemie. Bd. VIII. 1884. S. 85—89.

oder violettbraune Färbung, die anfangs auf Rhodanammonium oder Aceton, später auf Acetylessigsäure bezogen wurde, doch nach *Brieger*[1]) auch nicht von dieser herrühren kann, trat in sehr prononcirtem Grade an einem mir von Herrn Dr. *Th. Escherich* zugestellten Diabetesharne auf. Der frische, hellgelbe Harn färbte sich mit Eisenchlorid intensiv rothbraun[2]) und enthielt von der fraglichen Substanz, welche beim Schütteln des Harns mit Aether in diesen überging, durch Sieden zerstört oder verjagt wurde, so reichliche Mengen, dass die Reaction auch noch nach zweitägigem Stehen des Harnes an der Luft sehr deutlich erfolgte. Der durch Eisenchlorid erzeugte rothbraune Farbstoffkörper ging weder in Aether und Chloroform, noch in Essigäther über, schied sich, als der Harn dialysirt wurde, im Dialysor flockig aus und verschwand in dem Harne sofort nach Salzäurezusatz. Durch Eisenvitriol wie durch Eisentartrat veränderte der frische Harn seine ursprüngliche hellgelbe Farbe nicht.

Das Spectrum des durch Eisenchlorid rothbraun gewordenen Harnes bot, bei successiv anwachsender Schichtendicke und gutem Sonnenlicht geprüft, kein irgendwie scharf umgrenztes Absorptionsband dar (Spectr. 19), und die Röthung kann somit nicht auf der Anwesenheit von *Geuther*'s Acetyldiacetsäure (Acetylessigsäure-Aethyläther) beruhen, welche mit Eisenchlorid violett oder kirschroth gefärbte Lösungen liefert, in deren Spectrum

---

[1]) *Fr. T. Frerichs* u. *Brieger*, Zeitschr. f. klinische Medicin. Bd. VI. 1883. S. 46—52.

[2]) Es mag nicht unerwähnt bleiben, dass man sehr überraschende Farbenwechsel zu sehen bekommt, wenn man Farbstoffauflösungen (vorwiegend alkoholische), welche die grünen Strahlen und den weniger brechbaren Theil der blauen Strahlen des Spectrums kräftig absorbiren, auch nur mit Spuren von Eisenchlorid versetzt. Dieser anfangs mir sehr merkwürdig erscheinende Effect des Eisenchlorids beruht lediglich darauf, dass dieses Salz sehr energisch die Strahlen von grösserer Schwingungszahl absorbirt und so unter den angeführten Umständen eine vollkommene Auslöschung der stärker brechbaren Strahlen bis zum Gelb bewirkt. Nicht nur an Bonellein – (cf. *Krukenberg*, Vgl. – physiologische Studien. II. Reihe. II. Abth. Heidelberg. 1882. S. 80), sondern auch an anderen Farbstofflösungen beobachtete ich diese Erscheinung, und um bei Anwendung dieses Reagens nicht in Täuschungen zu verfallen, sollte man deshalb niemals versäumen, bei den sog. characteristischen Eisenchloridreactionen das spectroskopische Verhalten der zu prüfenden Flüssigkeit genau festzustellen. Ein derartiges rein optisches Phänomen liegt nun bei Rothfärbung der sog. Acetonharne durch Eisenchlorid nicht vor, sondern hier handelt es sich thatsächlich um ein neues chemisches, braun- oder violettroth gefärbtes Product.

(Taf. VI, $_{20}$) sich ein breiter Absorptionsstreifen zwischen D und G deutlich abhebt.

Im Anschluss an diese Untersuchungen spectroskopirte ich fernerhin die in wässrigen Salicylsäurelösungen und in Carbolwasser durch Eisenchlorid bewirkten violetten, resp. Purpur-Färbungen und habe die Spectren dieser Farbstofflösungen auf Taf. VI, $_{21}$ und $_{22}$ wiedergegeben. Das Absorptionsband der Phenolverbindung ist äusserst schwach und erscheint nur in verhältnissmässig concentrirten Lösungen und bei günstiger Beleuchtung; zweifellos liegt hier ein anderer Körper als derjenige vor, welchen das Eisenchlorid mit der Salicylsäure eingeht.

C. Zur Kenntniss des spectroskopischen Verhaltens der *Ehrlich*'schen Harnprobe und der *Penzoldt*'schen Traubenzuckerreaction.

Seit den Arbeiten *Petri*'s[1]) sind die wichtigsten Thatsachen über die *Penzoldt*'sche Traubenzucker-Aldehydreaction als festgestellt zu betrachten; die Versuche von *Escherich*,[2]) welchen ich beiwohnen konnte, entsprechen in allen wesentlichen Puncten *Petri*'s neuesten Angaben. Später überzeugte ich mich auch noch durch eigene Versuche, dass das spectroskopisch ganz indifferente Verhalten des bei der *Ehrlich*'schen Reaction entstandenen grünen Farbstoffes in alkalischem Weingeist gelöst sowie seines rothen Säureproductes von *Petri* ebenfalls richtig beschrieben war, und ich würde auch in Betreff des spectroskopischen Verhaltens der *Penzoldt*'schen Traubenzuckerreaction kaum etwas hinzuzufügen haben, wenn eben nicht die Erfahrung lehrte, dass selbst die geschickteste Beschreibung[3]) charakteristischer Absorptionsspectren eine Zeichnung derselben an Genauigkeit nicht erreichen oder gar entbehrlich machen kann. So gebe ich denn auf Taf. VI, $_{15}$ das Spectrum der *Penzoldt*'schen Reaction an einer Traubenzuckerlösung ausgeführt, von welchem das des in gleicher Weise behandelten diabetischen Harnes in Bezug auf die Lage des Ab-

---

[1]) *Petri*, Zeitschr. f. klinische Medicin. Bd. VI. Heft 5. 1883. S. 472—477, u. Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. VIII. 1884. S. 291—298.

[2]) *Escherich*, Deutsche medic. Wochenschrift. Nr. 45. 1883.

[3]) Ich spreche nicht von den sog. genauen Beschreibungen der Spectren welche *Vierordt* geliefert zu haben glaubt. Diese sind praktisch völlig werthlos, weil zu ihrer Entzifferung mindestens die zehnfache Zeit erforderlich ist als die Untersuchungen selbst in Anspruch nehmen.

sorptionsbandes zwischen D und F nicht abweicht; als damit identisch erweist sich auch das Spectrum der mit Weingeist angestellten *Penzoldt*'schen Reaction (Taf. VI, $_{14}$), während das Reagens in Acetonlösungen eine spectroskopisch weniger bestimmt charakterisirte Purpurlösung hervorruft (Spectr. 16).

Beiläufig sei bemerkt, dass wässrige Chondroïtsäurelösungen [1]) mit der alkalischen Lösung der Diazobenzolsulfonsäure und Natronlauge versetzt, auch nach längerem Stehen keine fuchsinrothe Färbung annehmen, sondern sich, ähnlich den Peptonen nach einiger Zeit orange oder orangeroth färben, obschon sich doch nach *Petri*[2]) vegetabilische Gummisubstanzen (Gummi arabicum, Agar-Agar) in dieser Beziehung dem Traubenzucker anschliessen. Da nun aber die Chondroitsäure auch insofern ihre Verwandtschaft zu den Eiweisskörpern verräth, als auch sie (in Form des von Eiweissstoffen vollständig befreiten Eisensalzes) bei der trockenen Destillation mit Kali ein indolreiches Destillat liefert, so dürfte es gewiss am Platze sein, zu untersuchen, wie sich das „thierische Gummi" *Landwehr*'s der *Penzoldt*'schen Reaction gegenüber verhält.

Spectr. 17 gehört einem Icterusharne an. Dieser Befund wurde von Herrn Dr. *Escherich* gemacht und hat in folgendem Satze bereits Mittheilung gefunden[3]): „Die „primäre" Violettfärbung bei Zusatz *Ehrlich*'scher Lösung zu einem stark gallenfarbstoffhaltigen Urin zeigte bei annähernd gleicher Concentration ein (der *Penzoldt*'schen Traubenzuckerreaction) analoges Band, welches jedoch im Vergleich zum vorigen etwas nach dem rothen Ende zu verschoben war."

Der Harn eines anderen Icteruskranken nahm bei der primären *Ehrlich*'schen Reaction eine blutrothe, bei der secundären (nach Ammoniakzusatz) eine intensiv dunkelgrüne Färbung an und zeigte alsdann ein breites Absorptionsband bei D (Taf. VI. $_{18}$). Nach dem Kochen schlug die grüne Farbe in eine violette um und der Streifen verschwand aus dem Spectrum. Diese Farbenreactionen müssen von einem leicht zersetzlichen oder sehr flüchtigen Körper hergerührt haben, denn der Urin gab die Grünfärbung mit Sulfodiazobenzol und Ammoniak Tags darauf schon nicht mehr.

---

[1]) *Krukenberg*, Zeitschr. für Biologie. Bd. XX. 1884. S. 307–326.
[2]) *Petri*, Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. VIII. 1884. S. 292 Anm. 1.
[3]) *Escherich*, a. a. O.

5. Spectren der Furfurolreaction auf Harnstoff und der Murexidprobe.

Versetzt man nach der Vorschrift von *Schiff*[1]) eine Lösung von Harnstoff in etwa 3 Theilen concentrirter Furfurollösung mit wenigen Tropfen concentrirter (roher) Salzsäure, so erwärmt sich die Flüssigkeit, färbt sich allmälig prachtvoll purpurviolett und erstarrt alsbald zu einer festen, braunschwarzen Masse. Dem Eintreten dieser Reaction entsprechen, wie ich fand, zwei Absorptionsstreifen im Spectrum, welche auch dann noch sichtbar sind, wenn sich die in den gewöhnlichen Lösungsmitteln unlösliche und zu weiterer Untersuchung wenig einladende amorphe, huminartige Substanz in reichlicher Menge ausgeschieden hat. Ist bei Zunahme der Concentration die Absorptionsgrenze am blauen Ende des Spectrums bis α (Taf. VI, $_{32}$) vorgerückt und dadurch das Band um F unkenntlich geworden, so wächst der Streifen um D in dem Grade an als es durch die Curve α dargestellt ist.

Spectren 23 und 24 betreffen die Murexidprobe auf Harnsäure und sind aus der Tafelerklärung ohne Weiteres verständlich.

---

6. Die Spectren wässriger Jodstärke- und Joddextrinlösungen.

Das Erythrodextrin *Brücke*'s wird jetzt gewöhnlich als ein Gemenge von Dextrin (Achroodextrin *Brücke*'s) und geringen Mengen von Granulose aufgefasst; dieser Annahme widerspricht jedoch der spectroskopische Befund. Wässrige, rothgefärbte Joddextrinlösungen zeigen mit voller Deutlichkeit einen Spectralstreifen zwischen D und E (Spectr. 33), von dem in dextrinfreien, wässrigen Jodstärkelösungen (Spectr. 34) nichts zu entdecken ist; in diesen erscheint nur bei einer ganz bestimmten Einstellung der Schichtendicke ein verwaschenes Band vor D und rasch wandert bei zunehmender Concentration die Absorption des rothen Endes bis nahe an E. Nothwendig muss deshalb die Röthung, welche Dextrinlösungen durch Jod erfahren, auf einem anderen Körper beruhen als auf unbedeutenden Verunreinigungen durch Granu-

[1]) *H. Schiff*, Ber. d. d. chem. Gesellsch. Bd. X. 1877. S. 773—776.

lose. Es kann sich dabei auch nicht um zwei verschiedene Jodide ein und derselben organischen Substanz handeln, durch welche ich z. B. *Brücke*'s Unterscheidung einer Erythrogranulose und einer Granulose erklären zu müssen glaube. [1])

Jod-Jodkaliumlösungen sind im Spectrum durch keinen Absorptionsstreifen gekennzeichnet, während Jodglykogenflüssigkeiten bei günstiger Belichtung ein sehr verwaschenes Band zwischen E und F erkennen lassen, welcher Befund den Glykogennachweis aber in keiner Weise unterstützen kann.

Erklärung der Spectraltafel.

1. Gemisch der wässrigen Lösung von Algenchlorophyll (Fucus vesiculosus) mit Oxyhämoglobin enthaltendem Blutwasser. Das von oben links nach unten rechts schraffirte Band unmittelbar hinter C ist das der reinen Chlorophyllgrünlösung.

2. Spectren der Saffranfarbstoffe. α = alkoholischer Auszug der Crocusnarben mit Natronlauge verseift und darauf das Lipochrom (Anthoxanthin) der Seifenmischung ohne vorheriges Aussalzen durch Petroläther entzogen. β = unverseift gelassener alkoholischer Auszug der Crocusnarben. Die schraffirten Bänder entsprechen dem Spectrum des Gemisches beider Farbstofflösungen ($\alpha + \beta$).

3. Der bei der Indolprobe mit Terpentinöl und Salzsäure entstandene purpurfarbige Körper in Aether gelöst. Verschiedene Schichtendicken der Lösung. Endabsorptionen und Band α gehören zusammen.

4. Derselbe Farbstoff in Schwefelkohlenstoff gelöst. Spectrum für zwei verschiedene Schichtendicken entworfen.

5. Der bei der Trypsinverdauung aus rohem Fibrin auf Bromwasserzusatz hervorgegangene violette Farbstoff in Aether oder Chloroform gelöst,

6. Das in derselben Flüssigkeit auf Zusatz reiner, verdünnten Salpetersäure entstandene purpurrothe Pigment in Alkohol gelöst.

7. Die purpurrothe ätherische Lösung desselben Farbstoffes auf dem Wasserbade zur Trockne verdunstet und der Rückstand alsdann in Alkohol gelöst. Spectren zweier verschieden starken Lösungen.

8. Durch successive Behandlung mit Bromwasser und Salpetersäure goldgelb gewordenes tryptisches Verdauungsgemisch.

9. Das bei der Trypsinverdauung aus rohem Fibrin entstandene Chromogen durch Salzsäurezusatz in einen blutrothen Farbstoff verwandelt und dieser in der ursprünglichen Flüssigkeit untersucht.

10. Purpurrother Farbstoff in gefaultem Fibrinwasser durch Salpetersäure hervorgerufen und mit Alkohol aufgenommen.

11. Typhusharn mit Salzsäure + Chlorkalklösung versetzt und der dabei entstandene Rosafarbstoff mit Aether ausgeschüttelt. Vergl. damit 6 und 10.

---

[1]) *Krukenberg*, Grundriss. S. 20 und 21.

12. Harn eines andern Typhuskranken ebenso behandelt. Intensiv kirschroth gefärbte Lösung des Farbstoffes in Aether.

13. Icternsharn in gleicher Weise behandelt. Purpurfarbige, ätherische Lösung. Die beiden unmittelbar vor D und vor F liegenden Absorptionsbänder entsprechen den zwei Farbstoffen, von welchen bald der eine oder andere, bald beide auch aus normalen Urinen bei der Indicanreaction in Aether wie Chloroform übergehen Im Spectrum der Chloroformlösung ist der mittlere Streifen (zwischen D und E) um etwa 3 Theilstriche unserer Scala stärker nach dem Roth verschoben als in der ätherischen.

14. Schwacher Weingeist mit *Ehrlich*'s Reagens + Natronlauge versetzt. Rubinrothe Flüssigkeit. Die wässrige Lösung des Acetessigsäureesters zeigt das nämliche Spectrum.

15. Wässrige Traubenzuckerlösung mit *Penzoldt*'s Reagens versetzt. Fuchsinrothe Flüssigkeit.

16. Aceton + *Ehrlich*'s Reagens und Natronlauge. Blutrothe Lösung.

17. Icternsharn + *Ehrlich*'s Reagens.

18. Auf Zusatz von *Ehrlich*'s Reagens und Ammoniak dunkelgrün gewordener Icterusharn.

19. Harn eines Diabetikers durch wenig Eisenchlorid schön braunroth gefärbt. (Exquisiter Fall des Eintretens der sog. Aceton-Reaction.)

20. Aethyldiacetsäurelösung mit Eisenchlorid versetzt. Kirschrothe Flüssigkeit.

21. Purpurviolette wässrige Salicylsäurelösung nach Eisenchloridzusatz. Das breite Spectralband zwischen C und F hellt sich bei allmäliger Verminderung der Schichtendicke an allen Stellen ganz gleichmässig auf.

22. Carbolwasser mit Eisenchlorid versetzt. Nur in tief violett gefärbten Lösungen und bei gutem Sonnenlichte ist das Absorptionsband deutlich.

23. Murexidreaction der Harnsäure mit Ammoniak angestellt. Purpurrothe wässrige Lösung.

24. Dieselbe durch Natronlauge hervorgerufen. Blauviolette wässrige Lösung.

25. Wässrige Lösung von Indol (gewonnen durch trockene Destillation von Caseïn und der nöthigen Menge Kali) mit salpetriger Salpetersäure versetzt. Kirschrothe Flüssigkeit.

26. Derselbe Farbstoff in Aether oder Chloroform gelöst. Die Absorptionsgrenzen α entsprechen sehr concentrirten Lösungen.

27. Die indolhaltige wässrige Flüssigkeit mit reiner Salzsäure stark angesäuert, worauf nach längerer Berührung mit Aether ein Purpurfarbstoff in diesen überging. Spectrum der ätherischen Lösung.

28. Die nach der Aetherbehandlung restirende wässrige Flüssigkeit von 27. Die auf Zusatz reiner Salpetersäure mit Aether überschichtete wässrige Indollösung nahm nach einiger Zeit gleichfalls eine Purpurfärbung an und zeigte alsdann das gleiche Spectralverhalten.

29. Der bei der Fleischextractanalyse mit dem Inosit ausfallende, zinnoberrothe Farbstoff in siedendem Wasser gelöst und sogleich spectroskopisch geprüft. Goldgelbe Lösung.

30. Albumin mit conc. roher Salzsäure gekocht. Purpurviolette Lösung.

31. Aus Fibrin durch Pepsinverdauung gewonnenes Peptou in Wasser gelöst und kalt mit Kupfersulfat + Natronlauge versetzt. Purpurrothe Flüssigkeit (Biuret-Reaction).

32. Purfurolprobe auf Harnstoff. Purpurfarbige Flüssigkeit. Hat sich mit zunehmender Concentration die Absorptionsgrenze am blauen Ende des Spectrums bis α verschoben, so entspricht dem Bande um D die Curve α.

33. Jod-Dextrin in Wasser. Purpurrothe Lösung.

34. Wässrige Jod-Stärkelösung. Blau. Bei Zunahme der Concentration rückt die Absorptionsgrenze am rothen Ende des Spectrums rasch bis α vor.

Ueber das Vorkommen mikroskopischer Zirkone und Titan-Mineralien in den Gesteinen

von

HANS THÜRACH.

(Mit Tafel VII.)

Zur mikropetrographischen Untersuchung der Gesteine auf die sie zusammensetzenden Mineralien hat man sich seit mehreren Jahren gewöhnlich der Betrachtung der Dünnschliffe bedient. Wollte man die im Dünnschliff festgestellten Mineralien behufs chemischer Prüfung weiter isoliren, so behandelte man das Pulver des Gesteins mit der Thoulet'schen oder einer anderen specifisch schweren Salzlösung. Hiezu verwendete man aber selten etwas anderes, als die frischen krystallinischen Gesteine. Auf Anrathen des Herrn Prof. *Sandberger* habe ich indessen bei der Untersuchung der Gesteine des Spessarts auch die zersetzten Gesteine mit in den Kreis meiner Arbeiten gezogen, um durch Schlämmen des natürlichen Pulvers die einzelnen Mineralien zu trennen und zu isoliren. Dabei habe ich dann gewöhnlich nicht blos alle Mineralien des frischen Gesteins wieder gefunden, sondern auch mehrere, welche erst bei der Verwitterung entstehen. Das überraschend verbreitete Vorkommen einiger solcher neu gebildeter Mineralien hat die vorliegende, im mineralogischen Laboratorium der Universität Würzburg ausgeführte Arbeit veranlasst.

Bei Aufsuchung einer geeigneten Schlämmmethode habe ich von Anfang an von der Anwendung einer besonderen Flüssigkeit abgesehen, da mir diese nicht erforderlich schien. Dagegen habe ich versucht, die Schlämmmethode mit Wasser, mittelst welcher *Daubrée* [1]) bereits vor 31 Jahren mikroskopischen Zirkon aus dem

---

[1]) Bulletin de la soc. géol. de France II sér. T. VIII p. 346 suiv.

Granitschutt isolirt hatte, zu modificiren und zu vereinfachen. Es gelang mir nach längerem Bemühen, folgendes Verfahren ausfindig zu machen. Man bringt das gesiebte Pulver in eine gewöhnliche Porzellanschale mittlerer Grösse nnd schlämmt zuerst die feinsten, im Wasser schwebend bleibenden, thonigen Theilchen ab. Zu dem meist sandigen Rückstand setzt man dann die doppelte Menge Wasser und bringt ihn darin durch Schwenken der Schale auf kurze Zeit in schwebende Bewegung. Dabei senken sich die specifisch schwereren Theilchen nach unten. Man neigt nun die Schale nach der einen Seite, verlangsamt die Bewegung, giesst das Wasser ab und zieht die oberste Sandschichte mit der Hand aus der Schale. Den Rückstand behandelt man noch mehrmals in gleicher Weise, bis zuletzt nur ein ganz geringer Rückstand bleibt, der schon durch sein Aussehen die bedeutende Anreicherung an den gesuchten selteneren Mineralien erkennen lässt. Wiederholt man das Verfahren mit dem abgezogenen Sande noch ein paar Mal, so kann man fast die ganze Menge der vorhandenen specifisch schwereren Mineralien isoliren. Diesen Rückstand wäscht man dann mit destillirtem Wasser und bringt ihn mit einer kleinen Menge desselben nochmals in Bewegung; dabei trennen sich die schwereren Theilchen fast völlig von den noch vorhandenen leichteren und können nach dem Trocknen mit der Feder von diesen weggenommen werden. So habe ich oft grosse Mengen Schutt in wenigen Minnten geschlämmt. Die Schlämmrückstände untersnchte ich dann theils unter Wasser, grösstentheils aber rührte ich sie in Canadabalsam ein, um die untersuchten Präparate dauernd anfbewahren zu können. Aber nicht bloss den Schutt zersetzter Gesteine habe ich auf diese Weise untersucht, sondern anch viele feste Sedimentärgesteine und frische krystallinische Gesteine. Dieselben wurden zerdrückt, die gröberen Theilchen mittelst Haarsieb von dem feinen Pulver abgesiebt und dieses in der geschilderten Weise geschlämmt. Mergel, Kalksteine und Dolomite behandelte ich erst mit Salzsäure und schlämmte hierauf den unlöslichen Rückstand.

Mittelst dieser Methode fand ich den Zirkon zuerst in reichlicher Menge in den zersetzten Glimmerdioriten des Spessarts und Odenwalds und zwar frei von Rutil, so dass mir auch seine Bestimmung auf chemischem Wege gelang. Hierauf fand ich ihn in einer grossen Anzahl von Schuttproben, welche mir

Herr Prof. *Sandberger* zur Untersuchung übergab[1]) und später in Begleitung von Rutil, Granat und Turmalin in den alluvialen und pleistocänen Sanden des Maines und in vielen Sandsteinen Frankens und anderer Gegenden. Herr Prof. *Sandberger* hat diese Resultate bereits in dieser Zeitschrift 1883, Sitzungsberichte S. 105 ff., sowie in der Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft 1883 S. 193 geschildert.

Bei diesen Untersuchungen beobachtete ich schon öfters, aber immer nur in einzelnen Exemplaren die kleinen quadratischen Tafeln, welche ich nach Auffindung der grossen und schönen Krystalle in zersetztem Staurolith-Gneiss von Glattbach bei Aschaffenburg sicher als Anatas bestimmen konnte. Die Entdecknng dieses Minerals an mehreren Orten machte es mir wahrscheinlich, dass es, wie ich denn auch wirklich fand, eine sehr grosse Verbreitung besitze. Um diese, sowie die des Zirkons, des Rutils, des später aufgefundenen Brookits und mehrerer anderer Mineralien weiter zu verfolgen, untersuchte ich eine grosse Menge von Sedimentärgesteinen, zersetzte und frische krystallinische Gesteine, im Ganzen über 600 verschiedene Proben. Dieses Material sammelte ich theils selbst, theils erhielt ich es von meinem Freunde *G. Maillard*, z. Z. Assistent am mineralogisch-geologischen Institut des Polytechnikums zu Zürich; den grössten Theil aber verdanke ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. *Sandberger*, der mich bei diesen Untersuchungen auch sonst häufig unterstützte und die Richtigkeit meiner Bestimmungen in vielen Fällen bestätigte. Ich sage ihm hiefür öffentlich meinen besten Dank.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich der Hauptsache nach mit dem Vorkommen des Zirkons, Rutils und besonders des Anatases, Brookits und Pseudobrookits. Ausser diesen fünf Mineralien habe ich jedoch auch betreffs der Verbreitung des Turmalins, Granats, Stauroliths, Glaukophans, Picotits, Magneteisens, Apatits, Zinnsteins, Axinits und Spinells viele Beobachtungen gemacht und deshalb auch diesen Mineralien eine kurze Betrachtung gewidmet.

---

[1]) Die meisten waren von ihm selbst, andere von den Herren Apotheker *Schmidt* in Wunsiedel, Landesgeologen Dr. *Schalch* in Leipzig, Geh. Hofrath *Schmid* in Jena und anderen seiner Freunde gesammelt worden.

Zur besseren Uebersicht habe ich die Abhandlung in zwei Theile getrennt, von denen der erste die Beschreibung und Bildungsgeschichte der genannten Mineralien, sowie ihre Verbreitung im Allgemeinen gibt, während der zweite Theil eine kurze Beschreibung der einzelnen Vorkommnisse des Anatases und Brookits auf primärer und secundärer Lagerstätte enthält.

I. Theil.

Beschreibung der Mineralien.

1. Zirkon und Rutil.

Das Vorkommen des Zirkons und Rutils in mikroskopischer Form hat, weil die beiden Mineralien lange Zeit mit einander verwechselt wurden, eine grosse Zahl von Untersuchungen hervorgerufen. Aber trotz der so sicheren Charakteristik, welche von *Sauer*[1]), *Rosenbusch*[2]), *Cossa*[3]) und Anderen gegeben wurde, sind selbst in der letzten Zeit noch Abhandlungen erschienen, in denen Zirkon und Rutil unrichtig oder unsicher bestimmt und beschrieben wurden. Ich habe deshalb, um die Verschiedenheiten der beiden Mineralien klarer darstellen zu können, denselben eine gemeinsame Betrachtung gewidmet.

Krystallform. Der mikroskopische Zirkon erscheint theils in rundlichen Körnern, theils in abgerundeten, oder allseitig scharf ausgebildeten Krystallen des quadratischen Systems. Diese Krystalle werden fast ausschliesslich von den Flächen $\infty P\infty$, ∞P, P und 3P3 gebildet und zwar findet man alle Combinationen, welche zwischen diesen vier Krystallformen möglich sind. Meist sind die Prismen vorherrschend entwickelt, selten die Pyramiden; aber sehr selten fehlen die Prismen gänzlich. Doch habe ich in einigen Fällen die Doppelpyramide mit untergeordneter Grundpyramide ohne Prismen gefunden, aber

---

[1]) *Sauer*, Rutil als mikroskopischer Gesteinsgemengtheil. N. Jahrbuch für Min. 1879 S. 569. 1881. I S. 227.

[2]) *Rosenbusch*, Sulla presenza dello Zircone nelle roccie; Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino. Vol. XVI.

[3]) *Cossa*, Rutil im Gastaldit-Eklogit. N. Jahrb. f. Min. 1880. I. S. 162.

nur an einigen Krystallen aus dem Phonolithtuff von Schackau in der Rhön die Grundpyramide allein. — Gewöhnlich kommen die verschiedenen Formen des Zirkons, wie sie z. Thl. in den Figuren 1—5 der beiliegenden Tafel wiedergegeben sind, in einem und demselben Gesteine gleichzeitig vor, doch lassen einzelne Gesteine gewisse Formen häufiger oder allein erkennen; so ist z. B. die Form Fig. 1 (∞P.∞P∞.P.3P3) charakteristisch für viele Spessarter und Odenwälder Gesteine; die Form Fig. 2 (∞P∞.∞P.3P3) ist besonders häufig in den Graniten von Nabburg in der Oberpfalz, von Wörth bei Regensburg und vom Hauptgranitzug des Fichtelgebirges; die Form Fig. 3 (∞P∞.P mit untergeordnetem oder fehlendem ∞P und 3P3) ist bezeichnend für einzelne Gneisschichten des Spessarts; Fig. 5 (∞P.P mit untergeordnetem 3P3) zeigt die im Granit vom Striegau vorkommende Form. Kurze dicke Säulen der Combination ∞P.P sind besonders in den Eruptivgesteinen sehr verbreitet, aber auch selten ausschliesslich vorhanden. In neuerer Zeit wurde von *G. A. König* [1]) am Zirkon von Colorado und von *Michel-Lévy* [2]) am Zirkon von Autun die Fläche 0P mit Sicherheit nachgewiesen und auch *Harada* [3]) und *Kollbeck* [4]) glauben sie am mikroskopischen Zirkon gesehen zu haben. Ich habe eine scheinbare Abstumpfung der Pyramide sehr oft beobachtet, glaube aber, dass es in den meisten Fällen nur eine Kante war, welche durch das Vorwiegen zweier gegenüberstehender Pyramidenflächen gebildet wird. Dagegen habe ich an den Zirkonen aus dem Syenit vom Erbstollen bei Dresden diese Abstumpfung an fast allen Krystallen, auch im Innern derselben an der zonalen Streifung wahrgenommen und an einzelnen konnte ich auch deutlich die Fläche 0P erkennen. *Kollbeck* will auch steilere Pyramiden, 2P und 3P, beobachtet haben. Ich habe an den kurzen Formen ∞P.P der Eruptivgesteine öfters eine Abrundung der Combinationskanten von ∞P und P gesehen, aber deutliche Flächen nicht. Die Deuteropyramide, die *v. Chrustschoff* [5]) angibt, habe ich nie gesehen.

---

[1]) *G. A. König*, Zeitschr. f. Krystallographie 1877. I. S. 432.

[2]) *Michel-Lévy*, Bull. de la Soc. mineral. de France 1878. p. 39.

[3]) *Harada*. N. Jahrb. f. Min. 1882. II. Beilagebd. S. 29.

[4]) *Kollbeck*. Porphyrgesteine des südöstlichen China. Inaug.-Dissertation. Berlin 1883. S. 7 und 8.

[5]) *v. Chrustschoff*, Tschermaks Min. u. petr. Mitth. 1884. S. 173.

Vom Rntil lassen sich zwei Varietäten nnterscheiden: eine, welche bei der Erstarrung der krystallinischen Gesteine gebildet wnrde nnd runde oder länglich rnnde Körner, abgerundete und scharfe Krystalle von ziemlicher Dicke nnd nicht sehr grosser Länge zeigt, und eine zweite, welche meist erst nachträglich und zwar in vielen Fällen bei der Zersetzung des Glimmers gebildet wurde und meist lange, dünne, oft vielfach verzwillingte Nadeln zeigt. Diese letztere ist anch in den Thonschiefern und Phylliten ausserordentlich verbreitet. Die Rutilkrystalle der ersten Art zeigen meist vorwaltend die Prismen $\infty P\infty$ und ∞P, meist beide zngleich, und als Endigung die Pyramide P, deren Combinationskanten nnd Ecken mit den Prismen oft sehr stark abgerundet sind. Niemals habe ich die Doppelpyramide dentlich beobachtet, die von vielen Forschern anch vom Rutil angegeben wird nnd am Zirkon so gewöhnlich ist. Die Rntilkrystalle der zweiten Art zeigen meist lange, stark gestreifte Prismen, an denen eine Endigung durch die Pyramide gewöhnlich nicht mehr dentlich zu sehen ist.

Zwillingsbildung. Vor 2 Jahren wurden von *L. Fletcher*[1]) von Renfrew in Canada ächte, grosse Zirkonzwillinge beschrieben. *Nessig*[2]) und *Kollbeck*[3]) haben hierauf anch wieder solche Zwillinge am mikroskopischen Zirkon zu sehen geglaubt, doch muss ich gestehen, dass die Abbildnng, welche *Nessig* von diesen Zwillingen gibt, sehr für Rutil spricht. Ich habe eine Zwillingsbildung parallel $P\infty$ auch nicht an einem einzigen der vielen Tausende von mir nntersuchter Zirkone entdecken können. Nnr einmal habe ich an Zirkon aus dem Granit von Striegau eine Einlagerung farbloser Substanz gesehen, welche stark vertical gestreift nnd nach Art des Rutils unter einem Winkel von 125° verzwillingt war, wie das Fig. 7 zeigt. Ob dies aber eine Einlagerung anders orientirter Zirkonsubstanz oder etwas anderes war, konnte ich nicht entscheiden.

Am Rutil dagegen ist Zwillingsbildnng eine ganz gewöhnliche Erscheinung, sowohl parallel $P\infty$ als parallel $3P\infty$. Noch

---

[1]) *L. Fletcher* Proceedings of the crystallological society 1882. p. 97 f. Zeitschrift für Krystallographie 1882. VI., S. 80 nnd 208.

[2]) *Nessig*, die jüngeren Ernptivgesteine Elba's. Berlin, Inaug.-Dissert. 1883. S. 109 nnd 118.

[3]) *Kollbeck*. Inang.-Diss. S. 8.

häufiger aber ist eine Streifung, welche stets P∞, niemals 3P∞ parallel läuft und an der äusseren Form der Krystalle nicht zum Ausdruck kommt. Erscheinungen, wie sie *Hussak*[1]) abbildet, sind jedenfalls sehr selten. Die Zwillingsstreifung ist häufig so fein, dass man nur eine Linie sieht, sehr oft aber ist ein deutliches Band zu beobachten, welches im polarisirten Lichte noch viel besser sichtbar wird. Diese Zwillingsstreifung wurde schon von vielen Mikroskopikern beobachtet und vor Kurzem von *v. Lasaulx*[2]) ausführlich beschrieben. In welch' complicirter Weise sie verbunden mit Zwillingsbildung nach 3P∞ selbst an einem Krystall auftreten kann, zeigt Fig. 10 an einem Rutil aus dem Buntsandstein von Höfel bei Löwenberg in Schlesien. Die gleichartig orientirten Theile sind dabei dunkel schraffirt, die übrigen hell gelassen. — Diese Zwillingsstreifung fehlt dem Zirkon gänzlich.

Streifung. Die Zirkonkrystalle zeigen dagegen gewöhnlich parallel ihrer äusseren Umrandung im Innern eine zonale Streifung, welche bald nur sehr fein angedeutet, bald ausserordentlich stark entwickelt ist, so dass die Krystalle trübe und undurchsichtig erscheinen. Sie ist häufig gleichmässig durch den ganzen Krystall verbreitet, nicht selten werden einzelne Schichten, besonders häufig ein kleiner Kern in der Mitte, scharf abgegrenzt, so dass man glaubt, es seien mehrere Zirkone in einander gesteckt. In den allermeisten Fällen läuft diese Streifung parallel der äusseren Umrandung; bei runden Körnern ist sie rund, bei scharfen Krystallen scharf und deutlich den äusseren Flächen parallel. So habe ich z. B. an den Krystallen aus dem Syenite vom Erbstollen bei Dresden die untergeordnet auftretenden Flächen 0P und 3P3 deutlich und scharf auch an der zonalen Streifung wahrgenommen. In einzelnen Fällen dagegen zeigen sich auch Abweichungen. So sind die Krystalle des eben genannten Vorkommens, wenn die zonale Streifung dem allmählichen Wachsen der Krystalle entspricht, ursprünglich breit und kurz gewesen und von einem gewissen Punkte an nur in der Richtung der Hauptaxe in die Länge gewachsen. An den seltenen Zirkonen eines zersetzten granitartigen Gesteins aus China beobachtete ich

---

[1]) *Hussak.* Tschermaks Min. u. petr. Mitth. 1878 S. 277.

[2]) *v. Lasaulx.* Ueber Mikrostructur, optisches Verhalten und Umwandlung des Rutils. Zeitschr. f. Krystallographie 1884. VIII. S. 73.

die in Fig. 6 abgebildete Erscheinung, dass nämlich der Kern die Form ∞P∞ . 3P3 zeigte, die äusseren kolbig verdickten Enden dagegen nur die Pyramide P. Diese zonale Streifung, welche ich auch an den grossen Hyacinthen von Ceylon beobachtet habe, fehlt selten gänzlich, meist aber zeigt sie nur ein Theil der Krystalle, während sie an den anderen desselben Gesteins fehlt.

Am Rutil habe ich diese zonale Streifung nicht gesehen. Für diesen ist charakteristisch die Zwillingsstreifung und eine, bei den geschilderten Rutilen der ersten Art freilich meist fehlende, aber bei den langen dünnen Nadeln der zweiten Art gewöhnlich vorhandene verticale Streifung, welche theils oscillatorischer Combination der Prismen, theils der Spaltbarkeit entspricht und dem Zirkon fehlt. *Klemm*[1]) beschreibt eine schiefe Streifung am Zirkon, welche auf die Prismenflächen beschränkt ist, und führt sie auf oscillatorische Combination von Prisma und Pyramide zurück. Ich habe diese nur einmal beobachtet.

Farbe. Die natürliche Färbung unterscheidet die beiden Mineralien fast immer sofort. Der mikroskopische Zirkon ist, so wie er unzersetzt in frischen krystallinischen Gesteinen vorkommt, fast immer farblos, nur sehr selten schwach gelblich gefärbt, öfters aber erscheint er etwas grau. Wenn er dagegen stark gefärbt ist, hat er bereits wesentliche Veränderungen erfahren. Der Rutil ist dagegen nur in seltenen Fällen farblos, nämlich da, wo er in ganz dünnen Nadeln und Blättchen vorkommt, wie z. B. im Phlogopit von Ontario in Canada, von wo ihn Herr Prof. *Sandberger*[2]) beschrieb. Sonst ist er immer gelb, gelbbraun und rothbraun bis schwarzbraun gefärbt. Sehr selten sind blaugraue Färbungen, wie z. B. am Rutil auf Klüften des eben genannten Glimmers.

Optische Eigenschaften. Die beiden Mineralien sind stark lichtbrechend, meist klar und durchsichtig und zeigen starken Diamantglanz; stark gefärbte Rutile zeigen auch metallartigen Diamantglanz. Da der Zirkon farblos ist, zeigt er keinen Pleochroismus, der Rutil dagegen zeigt ihn trotz seiner starken Färbung nur schwach. — Das Polarisationsverhalten ist geeignet, den Zirkon und Rutil leicht und sicher zu unterscheiden. Ge-

[1]) *Klemm.* Ueber psammitische Gesteine, Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1882. S. 777.

[2]) *Sandberger.* N. Jahrb. für Min. 1882. II. S. 192.

meinschaftlich ist den beiden Mineralien, dass sie bei gekreuzten Nicols parallel der Hauptaxe auslöschen; sobald die Krystalle aber schief liegen, zeigt der Zirkon die brillantesten, meist intensiv rothen und grünen, seltener gelben und blauen Interferenzfarben, der Rutil dagegen leuchtet zwar auch stark, aber nur in Farben, welche wenig von seiner eigenen Färbung abweichen, besonders in gelbbraun oder düster grünlichgelb und rothbraun. Dieses so sehr verschiedene Farbenzerstreuungsvermögen ist bis jetzt gar nicht näher hervorgehoben worden, man findet immer nur die Angabe, dass das betreffende Mineral mit lebhaften oder stark leuchtenden Farben polarisirte, hat dabei aber bald den Zirkon, bald den Rutil gemeint. Im Schliff mögen diese Erscheinungen durch die überdeckenden Mineralien allerdings auch oft alterirt werden.

Einschlüsse. Der Zirkon zeigt an den meisten Orten seines Vorkommens, allerdings oft nur in wenigen Individuen, verschiedenartige Einschlüsse, welche bis jetzt nur von wenigen Forschern näher beschrieben wurden. Sie wurden beobachtet von *Velain*[1]) in den Zirkonen des Granits der Seychellen, von *v. Ungern-Sternberg*[2]) im Zirkon des Rapakiwi-Granits, von *Kollbeck*[3]) in den südchinesischen Quarzporphyren und von *v. Chrustschoff*[4]) in den Zirkonen des Granitporphyrs von Beucha. Auch Hr. *v. Foullon*[5]) hat sie in dem sehr genau beschriebenen Zirkon eines Quarzporphyrs von *Recoaro* gefunden.

Am verbreitetsten sind lange, dünne, stabförmige Gebilde (vergl. Fig. 5 und 8), welche selten 0,01 mm dick, aber oft über 0 1 mm lang werden. Sie zeigen meist abgerundete. oft auch gerade abgestumpfte oder pyramidal zugespitzte Enden und erinnern sehr an Apatit, wofür sie auch die Genannten gehalten haben. Um einen sichern Beweis dafür zu erhalten, habe ich grössere Mengen durch Schlämmen isolirter und mit Säuren gereinigter Zirkone aus dem Glimmerdiorit von Oberbessenbach im Spessart, aus dem Granit von Striegau und aus dem Main-

---

1) *Ch. Velain.* Bull. soc. géol. de France III. sér. VII. p. 278.

2) *v. Ungern-Sternberg.* Untersuchungen über den finnländischen Rapakiwi-Granit. Inaug.-Diss. Leipzig 1882, S 29.

3) *Kollbeck.* Inaug.-Diss. S. 8.

4) *v. Chrustschoff* in Tschermaks Min. u. petr. Mitth. 1882. VI. S. 175.

5) *v. Foullon,* in Tschermaks Min. u. petr. Mitth. 1880. II. S. 454.

sande von Würzburg, welche die Stähchen meist reichlich erkennen liessen, fein pulverisirt, und mit Salpetersäure ausgezogen. Die Lösung gab in allen drei Fällen mit Molyhdänlösung eine zwar schwache, aher doch deutliche Phosphorsäurereaction. Es dürfen diese Nadeln also sicher als Apatit hetrachtet werden.

Andere Einlagerungen zeigen unregelmässige, rundliche oder schlauchförmige Umrisse und eine sehr starke Ahlenkung des Lichtes. Sie dürften in den meisten Fällen Gasporen sein. Nur verhältnissmässig selten, hesonders häufig noch in den Porphyren und Graniten, heobachtet man deutliche Flüssigkeitseinschlüsse mit Libellen, welche meist so gross sind, dass sich die Flüssigkeit nur an wenigen Stellen dieser schlauchförmigen Gehilde erkennen lässt. Hie und da sind diese Einlagerungen regelmässig im Zirkon vertheilt, wie Fig. 6 zeigt. — Nicht selten findet man schwarze Körnchen, hald in der Zirkonsubstanz, bald in den Gasporen, welche in seltenen Fällen quadratische Umrisse erkennen lassen und jedenfalls Magneteisen sind, da sie sich hei beginnender Verwitterung des Zirkons ehenfalls verändern und die Hohlräume der Gasporen hraun und roth färhen. In den Zirkonen der Eruptivgesteine findet man hie und da auch hraune, homogene, schlauchförmige Einschlüsse, welche Glas zu sein scheinen. Alle diese verschiedenartigen Einlagerungen sind am häufigsten in den Zirkonen der massigen Gesteine, häufig auch noch in denen der unteren, körnigen Gneisse, selten in denen der schiefrigen Gneisse und Glimmerschiefer.

Der Rutil zeigt gegenüher dem Zirkon nur selten Einlagerungen. Nur in den Rutilen des Spessarter Staurolith-Gneisses hahe ich oft sehr reichlich grosse, dicke, farhlose Körner oder Säulchen beohachtet, welche das Licht doppelt hrechen und mit grünen und rothen Farhen polarisiren. Sie liegen fast der Hauptaxe parallel und zeigen nicht selten eine regelmässige, der Krystallform des Rutil entsprechende Umgrenzung.

Umwandlungserscheinungen. Solche findet man an den Zirkonen aus den zersetzten krystallinischen Gesteinen und den Sedimentärgesteinen sehr gewöhnlich. Die Zirkone färhen sich, ohne Risse und Sprünge zu zeigen, zuerst hlassviolet, allmählich wird die Färhung etwas dunkler und geht in grauviolet üher, Risse und Sprünge treten zahlreich auf, die Krystalle werden trühe und undurchsichtig und färben sich jetzt hraun.

Solche stark zersetzte, braune und trübe Zirkone fand ich besonders in einem zersetzten Granit von Görlitz, in welchem sie in dieser Beschaffenheit bis zu 2 mm gross vorkommen. Diese hellvioleten und braunen Färbungen verschwinden beim Behandeln mit Salzsäure nicht, wohl aber alle rothbraunen Färbungen, welche als Ueberzüge oder Infiltrationen von Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat zu betrachten sind, und welche auch in den Zirkonen selbst aus dem eingeschlossenen Magneteisen hervorgehen.

An den durch Schlämmen erhaltenen Rutilen habe ich Umwandlungserscheinungen nur selten beobachtet. Nur einmal habe ich hellgelbe erdige Substanzen gesehen, welche aus dem Rutil entstanden waren, öfters dagegen in den Spessarter Staurolith-Gneissen Rutile mit schwarzen, metallisch glänzenden Flecken, welche dieselben oft ganz einhüllten und in einer Umwandlung des Rutils in Titaneisen bestehen, wie dies von *v. Lasaulx*[1]) ausführlich beschrieben worden ist.

Chemisches Verhalten. Hier habe ich dem bereits darüber Bekannten nur wenig hinzuzufügen; Salzsäure und Salpetersäure, sowie verdünnte Schwefelsäure greifen Zirkon, Rutil und ebenso Anatas und Brookit gar nicht an; concentrirte Schwefelsäure wirkt dagegen auf alle vier lösend ein, besonders auf die Titansäuremineralien. Wässerige Flusssäure greift diese wieder gar nicht an, während der Zirkon bei längerem Erhitzen damit matt und trübe wird und rissige Individuen in kleine Stücke zerfallen. Zur chemischen Unterscheidung des Zirkons und Rutils eignet sich am besten die Phosphorsalzperle; doch darf man, um beim Rutil die charakteristische violete Färbung zu erhalten, nicht zu wenig Substanz nehmen. Zusatz von Zinn beschleunigt die Reduction der Titansäure, allein man erhält dabei öfters auch beim Rutil die für den Hyacinth charakteristische empfindliche Kupferreaction[2]). Es ist deshalb besser, die Perle ohne Zinnzusatz zu machen. Die Prüfung auf Titansäure in salzsaurer Lösung durch Reduction mit Zinn verlangt gewöhnlich noch mehr Substanz als die Perle. Beträchtlich empfindlicher dagegen ist die Reaction mit Wasserstoffsuperoxyd[3]), welches

[1]) *v. Lasaulx.* Zeitschr. f. Krystallographie 1884. VIII. S. 73 u. ff.
[2]) *Sandberger.* N. Jahrb. f. Min. 1881. I. S. 259.
[3]) *Schönn.* Zeitschrift für analyt. Chemie 1870. IX. S. 41.

in der sauren Lösung schon bei Anwesenheit von Spuren Titansäure eine intensiv orangegelbe Färbung hervorbringt. Stets bestätigt gefunden habe ich das besonders von *Cossa*[1]) hervorgehobene Verhalten des Hyacinths und Rutils beim Erhitzen. Der Hyacinth verliert nämlich beim Erhitzen an der Lnft schon unter der Glühtemperatur seine Farbe völlig oder bis auf ein blasses, schmutziges Braun, der Rutil dagegen behält seine intensiv rothbraune Farbe oder wird bei sehr starkem Glühen noch dunkler.

Verbreitung. Die Verbreitung des Zirkons nnd Rutils ist eine ganz enorme, die des ersteren aber noch grösser als die des Rutils, denn es gibt viele Gesteine, welche nur Zirkon, aber nur wenige, welche nur Rutil enthalten.

In den Graniten findet man, wie schon *Rosenbusch*[2]) angibt, den Zirkon stets nnd meist sehr reichlich, sowie vorwiegend in scharf ausgebildeten Krystallen. Der Rutil dagegen tritt gegen den Zirkon an Menge bedeutend zurück oder fehlt ganz. Einigermassen häufig habe ich ihn nur in dem Granit der Gegend von Rippoldsau im Schwarzwald und im Granit von Görlitz gefunden: selten ist er in den Graniten von Steinbach bei Fürth nnd von der Windeck bei Weinheim im Odenwald, im Granit vom Holdersbachthal bei Schapbach, von der Luisenburg und vom Rndolfstein im Fichtelgebirge. Gar nicht gefunden habe ich ihn in den Graniten von Striegau, Heidelberg, Ilmenau, Barr-Andlau, Wörth bei Regensburg, Nabbnrg in der Oberpfalz und Eibenstock.

Sehr ähnlich den Graniten verhalten sich die Syenite. Auch in diesen ist Zirkon stets nnd meist reichlich vorhanden; den Rutil dagegen habe ich in keinem einzigen gefnnden. Von den von mir untersnchten Syeniten enthält der Syenit von Salawa bei Blansko, von Birkopka und von Klepacon in Mähren den Zirkon häufig in nnr 0,05—0,15 mm grossen Krystallen, vorwiegend von der Form $\infty P.\infty P\infty.P$ mit untergeordnetem $3P3$. Der Syenit von Robschütz bei Meissen, vom Planen'schen Grund und vom Erbstollen bei Dresden enthält Zirkon sehr häufig in bis 0,25 mm grossen rundlichen Körnern und scharfen Krystallen, vorwiegend von der Form $\infty P.P$ mit untergeordnetem $3P3$ nnd $\infty P\infty$. Im Syenit von Redwitz bei Wnnsiedel fand ich besonders häufig grosse lange Krystalle der Form $\infty P\infty.3P3$, wie sie im benach-

[1]) *Cossa*. N. Jahrb. f. Min. 1880. I. S. 162.

[2]) *Rosenbusch*, Atti della R. Accademia delle Scienze de Torino Vol. XVI.

barten Granit der Luisenburg häufig sind, und im porphyrartigen Syenit-Granit von Weinheim vorwiegend die in den Odenwaldgesteinen so häufige Form ∞P.P.3P3.

Eine grosse Analogie mit den Graniten zeigen ferner die körnigen Diorite und Glimmerdiorite, doch findet man hier schon viele runde Körner und abgerundete Krystalle von Zirkon. Im Glimmerdiorit der südlichen Urgebirgszone des Spessarts und in den sehr ähnlichen Gesteinen von Kleestadt, Brensbach, Reichenbach, Auerbach und Knoden im Odenwald und von Zainhammer bei Brotterode in Thüringen finden sich neben rundlichen Formen auch Krystalle, vorwiegend in der Form ∞P.P mit untergeordnetem 3P3 und ∞P∞. Der Rutil fehlt in diesen Gesteinen gänzlich, oder ist doch sehr selten.

Im Gneiss ändert sich die Sache. Hier erscheinen die beiden Mineralien meist zugleich und sind auch schon von vielen Forschern darin nachgewiesen worden. Im Allgemeinen glaube ich gefunden zu haben, dass in den mehr körnigen, feldspathreichen Gneissen der Zirkon vorherrschend oder auch allein auftritt, dass dagegen in den schiefrigen, glimmerreichen Gneissen beide Mineralien mehr im Gleichgewicht vorkommen, oder der Rutil vorherrscht. Doch gibt es auch viele Ausnahmen. Niemals aber wird man die beiden Mineralien in einem Gneissgebiet völlig vermissen. In den feldspathreicheren Gneissen findet man den Zirkon gewöhnlich noch krystallisirt, oft sogar recht scharf und gross, wie z. B. im Gneiss des Gallenbachthals im Schwarzwald in bis 0,4 mm grossen dicken Krystallen der Form ∞P∞. ∞P.3P3.P. Besonders verbreitet ist hier die Form ∞P∞.P mit oder ohne 3P3 und ∞P und mit meist schöner zonaler Streifung. In den schiefrigen glimmerreichen Gneissen tritt dagegen der Zirkon meist in rundlichen oder länglich runden Körnern oder stark abgerundeten Krystallen auf. Grosse, scharf ausgebildete Krystalle sind selten; ebenso wird die zonale Streifung seltener. Der Rutil bildet rundliche Körner und Säulchen und häufig schöne Krystalle der Form ∞P∞. ∞P.P.

Im Glimmerschiefer ist der Rutil meist in grösserer Menge vorhanden als der Zirkon, doch fehlt dieser nur selten. Auch im Glimmerschiefer und Quarzitschiefer des Spessarts, sowie in dem von Massa maritima in Toscana habe ich die beiden Mineralien gefunden. Der Zirkon kommt hier fast ausschliesslich in

kleinen rundlichen Körnern nnd Säulchen vor, während der Rutil nicht selten schön krystallisirt ist.

Im Gebiete der Phyllitformation wurde der Rutil ebenfalls schon an mehreren Orten nachgewiesen und zwar vorwiegend in der Form der Thonschiefernädelchen, der Zirkon dagegen bis jetzt noch nicht. Ich fand ihn aber in einem Phyllitgneiss vom Katharinenberg bei Wunsiedel häufig, meist in rundlichen Körnern, aber auch in der Combination von Prismen mit der Doppelpyramide. Im Quarzphyllit von Wiltau in Tyrol ist er sehr häufig in länglich-rnnden Körnern. An beiden Orten wird er begleitet von Turmalin. Den Rutil dagegen, den *Pichler* und *Blaas* [1]) von letzterem Fnndorte so schön beschreiben, konnte ich beim Schlämmen des zerdrückten Gesteins nicht finden. Im Sericitschiefer des Taunus habe ich den Zirkon in 5 Gesteinsstücken ans der Gegend von Wiesbaden und Nanrod häufig bis sehr hänfig beobachtet. Er tritt hier vorwiegend in oft sehr scharf ausgebildeten, kurzsäulenförmigen, bis 0,2 mm grossen, farblosen Krystallen auf, welche meist $\infty P\infty$, ∞P,P mit seltenem und nntergeordnetem 3P3 zeigen; doch sind rundliche Körner und abgerundete Säulchen auch nicht selten. Zonale Streifung und Einlagernngen von Apatitspiessen sind häufig. Turmalin, den *Zirkel* [2]) aus dem Sericitschiefer des Taunus beschreibt, sowie Rutil, habe ich beim Schlämmen nicht gefunden. Die den Sericitschiefer überlagernden Taunusquarzite und Thonschiefer habe ich von Bingerbrück und vom Rheinstein untersucht. Dieselben enthalten häufig Rutil und Turmalin und sehr hänfig Zirkon, welcher aber gegenüber dem Zirkon der Sericitschiefer stark abgerollt erscheint. — Auch im Thonschiefer von Wunsiedel habe ich kleine runde Zirkonkörner und kleine braune Turmalinkrystalle gefnnden.

Sehr interessirt haben mich die dem Gneiss und Glimmerschiefer concordant eingelagerten Gesteine, namentlich die Hornblendeschiefer, Eklogite und Granulite in Bezug auf ihren Gehalt an Zirkon und Rutil. In den Hornblendeschiefern wurde

---

[1]) *Pichler* nnd *Blaas*, die Quarzphyllite von Innsbruck in Tschermaks Min. u. petr. Mitth. 1882. S. 513.

[2]) *F. Zirkel*, mikroskopische Untersuchung der Taunusschiefer. N. Jahrb. f. Min. 1875. S. 628.

der Rutil besonders von *Sauer*[1]) in weiter Verbreitung nachgewiesen. Auch ich habe ihn in den Hornblendeschiefern und schiefrigen Dioriten des Spessarts meist sehr reichlich gefunden, gewöhnlich aber auch geringe Mengen rundlicher farbloser Zirkonkörner.

Die hochrothen Körnchen des Eklogits hat zuerst Herr Prof. *Sandberger*[2]) näher untersucht und als Hyacinth beschrieben, für den sie auch noch *Hussack*[3]), *Riess*[4]) und *Lohmann*[5]) gehalten haben. Nach den Bestimmungen *Sauers*[6]) und anderer, sowie auch nach meinen eigenen Beobachtungen schien es mir dagegen, als ob sie dem Rutil zugehören müssten.

Nachdem inzwischen hier sehr reichliches und reines Material aus zerfallenen Eklogiten des Fichtelgebirges untersucht worden ist, hat sich auch Herr Professor *Sandberger* der Ansicht *Sauer*'s für diese Gesteine angeschlossen. Doch ist es nicht unmöglich, dass auch ächter, farbloser Zirkon darin vorkommt und noch gefunden werden kann.

Die gelben und rothbraunen, stark lichtbrechenden Körnchen und Kryställchen in den sächsischen Granuliten wurden ebenfalls längere Zeit für Zirkon gehalten, bis *Rosenbusch*[7]) sie für Rutil erklärte, welcher Ansicht sich *Lehmann*[8]) nach eingehenden Untersuchungen anschloss. Da *Zirkel*[9]) und *Dathe*[10]) jedoch auch farblose und glashelle Kryställchen angeben, so habe ich selbst noch einmal drei typische lichte Granulite durch Schlämmen untersucht, nämlich den Granulit von Kaufungen bei Penig, von Wühlau bei Penig und von Leinbach bei Chemnitz.

---

1) *Sauer*, N. Jahrb. f. Min. 1879. S. 569 und 1881. I. S. 228.

2) *Sandberger*, Hyacinth im Fichtelgebirge, Würzburger naturwissensch. Zeitschrift. Bd. VI. S. 128.

3) *Hussack* in Tschermaks Min. u. petr. Mitth. 1878. S. 277.

4) *Riess*, ebenda 1878. S. 203 u. ff.

5) *Lohmann*, N. Jahrb. f. Min. 1884. I. S. 99 u. ff.

6) *Sauer*, N. Jahrb. f. Min. 1879. S. 569.

7) *Rosenbusch*, N. Jahrb. f. Min. 1881. I. S. 211.

8) *Lehmann*, Ueber das Vorkommen von Titan-Mineralien in den sächsischen Granuliten. Sitzungsberichte der niederrh. Gesellschaft f. Natur- und Heilkunde 1881, sowie in Entstehung der altkrystallinischen Schiefergesteine S. 224.

9) *Zirkel*, N. Jahrbuch f. Min. 1880. I. S. 89.

10) *Dathe*, Zeitschrift d. deutschen geol. Gesellschaft 1877. S. 313.

Die beiden ersten enthielten sehr reichlich Rutil in Körnern, einfachen Krystallen nnd Zwillingen nach P∞ nnd 3P3, der letztere dagegen nur sehr wenig. In allen dreien aber fand ich seltene, höchstens 0,12mm grosse, rnnde oder länglich runde, farblose Körnchen von Zirkon, an denen ich nnr einmal noch Flächen von 3P3, öfters aber die charakteristische zonale Streifung erkennen konnte.

In den Granuliten des niederösterreichischen Waldviertels hat *Becke*[1]) auch Zirkon und Rutil gefnnden.

In den körnigen Kalken findet man den Zirkon ebenfalls. In den Spessarter Gesteinen sowohl wie im körnigen Kalk von Redwitz bei Wunsiedel kommt er in kleinen, länglich runden Körnern, begleitet von oft ziemlich grossen Rutilen, nicht selten vor.

Die Verbreitung des Zirkons in Ernptivgesteinen wurde besonders durch die Untersuchnngen von *Rosenbusch*[2]) dargethan. Dabei erwähnt derselbe ausdrücklich, dass der Rutil bis jetzt nur in den geschichteten Gesteinen gefunden worden sei und gibt ihn auch aus keinem Eruptivgestein, auch nicht aus den Graniten an. Ich habe jedoch bei meinen Untersuchungen den Rntil öfters zusammen mit Zirkon im Schutt der Porphyre, Diabase, Basalte und Dolerite gefunden. Zur besseren Uebersicht will ich die untersnchten Gesteine und die Resultate einzeln nennen.

1. Diabasschutt von Kirschhofen bei Weilbnrg[3]): Zirkon h.[4]) meist rundllche Körner, seltener bis 0,2mm grosse Krystalle der Form ∞P.P.3P3; Rutil n. s., runde Körnchen und Säulchen mit Zwillingsstreifung.
2. Qnarzporphyrschutt von der Hartkoppe bei Sailauf im Spessart.
3. Quarzporphyrschutt vom Wagenberg bei Weinheim: wie im vorigen Zirkon hh., meist rundliche Körner, aber auch

---

[1]) *Becke*, Die Gneissformation des niederösterreichischen Waldviertels in Tschermaks Min. n. petr. Mitth. 1882. S. 225.

[2]) *Rosenbusch*, Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino. Vol. XVI.

[3]) Von grobkörnigem Diabase herrührend, welcher von *Sandberger* i. Jahrb. d. nass. Ver. für Natnrknnde IX. 2. S. 4 ff., 24 nnd Verst. d. rhein. Schichtensystems in Nassau S. 521 heschrieben worden ist. Statt Hypersthen ist überall dort Angit zn setzen. Analyse von *Senfter* s. N. Jahrb. f. Min. 1872. S. 679 f.

[4]) Die hier nnd später angewendeten Ahkürznngen bedenten: hh. sehr häufig, h. häufig, n. h. nicht häufig, n. s. nicht selten, s. selten nnd ss. sehr selten.

scharfe Krystalle; Rutil hh., abgerundete Krystalle mit Zwillingsstreifung und Zwillingsbildung nach P∞ und 3P∞; Turmalin n. s.

4. Quarzporphyr vom Steinwald bei Gross-Umstadt: Zirkon s.
5. Quarzporphyr von Lenau bei Kemnath in der Oberpfalz: Zirkon hh., rundliche Körner.
6. Quarzporphyr von Asbach bei Schmalkalden: Zirkon hh., rundliche Körner und Krystalle.
7. Pinitporphyr von Baden-Baden: Zirkon ss.
8. Porphyrit von Waldböckelheim bei Kreuznach: Zirkon s., bis 0,2 mm grosse, meist abgerundete Krystalle der Form ∞P∞ . ∞P.P.
9. Trachyt von Riveau-Grand am Mont Dore in der Auvergne: Zirkon h., rundliche Körner und Krystalle der Form ∞P.P mit untergeordnetem 3P3.
10. Trachyt mit Tridymit von Thera: Zirkon s., runde Körner und scharfe Krystalle ∞P.P.
11. Phonolithtuff von Schackau in der Rhön: Zirkon n. h., bis 1mm grosse scharfe, kurz säulenförmige Krystalle der Form ∞P.P; Titanit hh.; Rubicell h.
12. Phonolithtuff von Welschingen bei Engen in Baden: Zirkon h., rundliche Körner und Krystalle der Form ∞P.P.
13. Phonolithschutt vom Käuling in der Rhön: Zirkon h., abgerundete Prismen; Rutil n. s.
14. Basaltschutt vom Hasselbach bei Weilburg: Zirkon hh., vorwiegend runde und länglich runde Körner, seltener Krystalle; Rutil h., runde Körner, einfache Krystalle und Zwillinge nach P∞ und 3P∞.
15. Basaltschutt vom Hohenhöwen: Zirkon n. s.; Rutil s.
16. Basaltschutt vom Dammersfeld in der Rhön: Zirkon hh., rundliche Körner und abgerundete Säulchen, selten Krystalle; Rutil n. s., abgerundete Säulchen.
17. Basaltschutt vom Kreuzberg in der Rhön: Zirkon hh.; Rutil n. s.
18. Basaltlehm von Nidda an der Strasse nach Salzhausen: Zirkon h.
19. Basalt von Naurod bei Wiesbaden: Zirkon s.
20. Doleritschutt vom Hopfenberg bei Schwarzenfels: Zirkon h., Rutil h.

21. Doleritschutt vom Frauenberg bei Schlüchtern: Zirkon u. s.
22. Dolerit vom Huttener Berg: Zirkon s.

Aus den Quarzporphyren und Phonolithen wurde der Zirkon schon öfters beschrieben, und *Rosenbusch* sagt sogar, dass er in allen Quarzporphyren zu finden sei. Aus dem Diabas von Anost in Frankreich gibt ihn bereits *Michel-Lévy* [1]) an. Neu ist dagegen sein Vorkommen in den Basalten und Doleriten, denn die grossen hyacinthartigen Krystalle, die man schon an mehreren Orten in den Basalten gefunden hat, scheinen zu diesen mikroskopisch kleinen in keiner Beziehung zu stehen; die grossen Hyacinthe der Basalte stammen sehr wahrscheinlich aus Gesteinen, welche in der Tiefe anstehen und durch die Eruption des Basaltes mit emporgebracht wurden, während diese Zirkone, die ich in jedem untersuchten Basaltschutt gefunden habe, ein constanter primitiver Gemengtheil der Basalte zu sein scheinen. Die mikroskopisch kleinen Zirkone der Basalte sind fast stets stark abgerundet, so dass man nur selten scharfe Krystalle findet, aber diese abgerundete Beschaffenheit ist ihnen von Natur aus eigen, da die nicht seltene zonale Streifung der rundlichen Körner der äusseren Umrandung genau parallel läuft. Einschlüsse von Apatit und Gasporen kommen in den Zirkonen der Basalte und Dolerite ziemlich selten vor.

Weder Zirkon noch Rutil habe ich gefunden im Melaphyr von Traisa bei Darmstadt, im Kersantit von Heimbach bei Langenschwalbach, im Palaeopikrit von Wallenfels bei Dillenburg und in zwei Olivinfelsauswürflingen aus den Basalten von Kleinostheim bei Aschaffenburg und von Schwarzenfels bei Brückenau.

In den Sedimentärgesteinen wurden Zirkon und Rutil in den letzten Jahren von vielen Forschern und an den verschiedensten Orten, aber immer nur in Sanden, Sandsteinen und Conglomeraten nachgewiesen. Ich habe sie aber bei meinen Untersuchungen nicht bloss in allen von mir untersuchten Sandsteinen, sondern auch in fast allen Mergeln, Schieferthonen und selbst noch in fast reinen Kalksteinen und Dolomiten gefunden. So z. B. im Bergkalk von Bristol und Hof, im Zechstein des Spessarts und Schlesiens, in fast allen Bänken des Wellenkalkes, Muschelkalkes, der Lettenkohle und des Kenpers in Unterfranken,

---

[1]) *Michel-Lévy.* Bull soc. géol. de France. III sér. 1883. p. 284.

in den Triaskalken der Schweiz und Schlesiens, im Purbeckkalk des französisch-schweizerischen Jura, im Pariser Grobkalk, in allen tertiären Kalken des Mainzer Beckens und selbst noch in der fast reinen weissen Schreibekreide der Champagne. Meist sind jedoch beide Mineralien in den Kalksteinen nicht häufig und klein; nur einmal, nämlich in dem Kalkstein mit Orbitolina lenticularis aus dem Rhodanien der Perte du Rhone bei Bellegrande im Dep. Ain habe ich Zirkon in kleinen runden Körnern in grosser Menge getroffen. — Die Menge des Rutils in den Sedimentärgesteinen ist meist beträchtlich geringer als die des Zirkons, doch fehlt er selten ganz. Sehr selten sind dagegen die Fälle, in denen der Rutil bedeutend überwiegt, wie z. B. im Kohlensandstein von Flöha bei Chemnitz, in welchem Rutil in bis 0,5mm grossen Körnern und Granat so häufig ist, dass auf eine Abstammung dieses Gesteins aus dem benachbarten Granulit geschlossen werden darf. — Der Zirkon erscheint in den Sedimentärgesteinen nicht bloss in runden Körnern, sondern auch sehr häufig in ganz scharfen Krystallen, die keine Spur von Abrollung zeigen. Ueberhaupt sind sogen. „klastische Wunden" am Zirkon verhältnissmässig selten. In einzelnen Fällen lassen sich in den Sedimentärgesteinen auch noch Zirkonkrystalle auffinden, deren Form einen Schluss auf ihre Abstammung gestattet; so fand ich z. B. in vielen Kreidesandsteinen Schlesiens neben vielen anderen Formen auch die typischen Krystalle des Striegauer Granites. — Der Rutil erscheint in den Sedimentärgesteinen in runden Körnern, abgerundeten Säulchen und noch ziemlich scharfen Krystallen, dagegen habe ich die langen dünnen Nadeln der Thonschiefer und Phyllite beim Schlämmen nicht gefunden.

Bildung. Die in den massigen Gesteinen vorkommenden Zirkone scheinen fast ausschliesslich Primitivbildung zu sein, doch ist es nach der Beschreibung und Abbildung, welche *v. Chrustschoff*[1]) gegeben hat, sowie nach dem Vorkommen von aufgewachsenen Zirkonen in den Drusen der Chloritschiefer Tyrols nicht unwahrscheinlich, dass auch eine Neubildung dieses Minerals in den Drusen der massigen Gesteine vorkommt. Die Zirkone in den Gneissen und Glimmerschiefern sind beim Krystallinischwerden dieser Gesteine entstanden und auch die scharfen Kryställchen im Sericitschiefer des Taunus haben sich jedenfalls

[1]) *v. Chrustschoff* in Tschermaks Min. u. petr. Mitth. VI. S. 173.

in diesem Gestein gebildet. Dagegen halte ich die im Taunusquarzit in Begleitnng von abgerolltem Turmalin und Rutil vorkommenden rundlichen Zirkone ebenso wie alle andern Zirkone in nicht krystallinischen Sedimentärgesteinen für Körper, die sich auf secundärer Lagerstätte befinden. Doch zeigt das Vorkommen von aufgewachsenem Zirkon zusammen mit Chlorit bei Pfunders in Tyrol jedenfalls, dass sich dieses Mineral auch aus wässrigen Lösungen zn bilden vermag.

Der Rutil ist in den Graniten und ebenso in den Gneissen, Glimmerschiefern, Eklogiten bei der Bildung dieser Gesteine entstanden und ich glaube, dass dies auch bei den von mir in den Porphyren, Diabasen, Basalten und Doleriten beobachteten Rutilen der Fall ist, wenn sie bis jetzt anch nur im Schutt dieser Gesteine vorgekommen sind, da die Formen dieser Rutile dick und nicht lang säulenförmig sind und viel mehr den primären der Gneisse gleichen, als den meist lang prismatischen secundär gebildeten. Doch habe ich im Schutt der Basalte auch einzelne stark gestreifte Säulchen gefnnden.

In den in Umwandlung begriffenen dnnklen Glimmern und auch im hellen Phlogopit haben bereits viele Forscher in den verschiedensten Gesteinen farblose bis gelbe dünne Nädelchen gefunden, welche von *Sandberger*[1]) und *Williams*[2]) als Rutil bestimmt worden sind.

Williams nimmt an, dass dieselben im Glimmer des Glimmerdiorits von Lippenhof bei Unter-Kirnach im Schwarzwalde nicht, wie dies gewöhnlich der Fall zu sein scheint, aus der Zersetzung des Glimmers hervorgegangen sind, sondern dass sie gleichzeitig mit diesem gebildet wurden, da sie auch im frischen Glimmer vorkommen. Auch ich habe diese Nädelchen in dem dunklen Glimmer aller Aschaffite wieder gefunden und zwar sowohl in zersetzten als in noch ganz frischen Blättchen. Auch kreuzen sie sich regelmässig unter 60° und sind wesentlich auf die Mitte der Blättchen beschränkt, so dass auch in Querschnitten nur diese dadurch getrübt erscheint und die äusseren Schichten klar bleiben. Ebenso habe ich auf Klüftchen in diesem Glimmer keine wesentliche Anreicherung an Rutil beobachtet, so dass sie in ihrem Auftreten von den Rutilen im Glimmer von Bodenmais

[1]) *Sandberger*, N. Jahrb. f. Min. 1881. I. S. 258 u. 1882. II. S. 192.
[2]) *Williams*, N. Jahrb. f. Min. 1883. II. Beilageband S. 619 u. ff.

sehr abweichen. Ausserdem erscheint es höchst merkwürdig, dass diese sich unter 60° kreuzenden Rutilnädelchen gerade im Glimmer einzelner Gesteine so ungemein häufig sind, während sie in anderen nur sehr selten vorkommen. So habe ich unter mehr als Hundert untersuchten Vorkommen zersetzter Glimmerblättchen der verschiedenen Gneisse des Spessarts nur in zweien, nämlich in einem Gneissstück von Haibach und in einem anderen von Damm Rutilnädelchen entdecken können, welche aber in diesem Falle ganz denen von Bodenmais glichen. Titansäure kommt aber im dunklen Glimmer aller Spessarter Gneisse vor. In den Aschaffiten des Spessarts kommt übrigens Rutil auch in grossen Krystallen häufig vor, die jedenfalls bei der Bildung dieses Gesteins zusammen mit dem reichlich vorhandenen Zirkon und Granat gebildet worden sind. Die Rutilnädelchen im Glimmer sind deshalb zweierlei Art, nämlich ganz dünne lange Nadeln und seltenere Zwillinge, welche sich unter 60° kreuzen und mit dem Glimmer als Abscheidung eines Ueberschusses der im Gestein vorhandenen Titansäure gebildet wurden, und meist kürzere, stark vertical gestreifte, meist verzwillingte Nadeln und Säulchen, welche aus dem Glimmer bei der Zersetzung desselben entstehen.

In den Sedimentärgesteinen habe ich durch die Schlämmanalyse keine Rutile gefunden, welche ich etwa als Neubildung hätte betrachten können. Das häufige Vorkommen des Rutils auf Klüften der krystallinischen Gesteine, die Bildung desselben aus Glimmer, sowie auf Erzgängen aus zersetztem Gneiss, wie dies vor kurzer Zeit von *Stelzner*[1]) bei Freiberg beobachtet wurde, macht es jedoch wahrscheinlich, dass auch in den Sedimentärgesteinen neugebildeter Rutil vorkommen kann, wenn er auch bis jetzt noch von Niemand darin gefunden worden ist. Jedenfalls aber entsteht in den Sedimentärgesteinen viel häufiger Anatas und Brookit.

2. Anatas.

Krystallform. Der mikroskopische Anatas erscheint als Bestandtheil der zersetzten krystallinischen Gesteine und der Sedimentärgesteine in mehreren Formen ausgebildet, unter denen besonders zwei auffallend verschiedene eine grosse Verbreitung be-

[1]) *Stelzner*, N. Jahrb. f. Min. 1884. I. S. 273.

sitzen und da, wo neugebildeter Anatas vorliegt, nur selten gleichzeitig auftreten. Man kann sie daher, ähnlich wie das von *Klein*[1]) für die grossen Anataskrystalle geschehen ist, als Typen des mikroskopischen Anatases betrachten. Der eine Typus wird wesentlich von einer Combination der Grundpyramide mit der basischen Endfläche, der andere von einer Combination einer stumpfen Pyramide zweiter Ordnung mit der Grundpyramide gebildet.

Der erste Typus, die Combination von P mit 0P ist die häufigste Form des mikroskopischen Anatases und erscheint gewöhnlich in tafelförmigen, rechteckigen Krystallen mit vorherrschendem 0P, wie dies die Figuren 12 und 13 zeigen. Durch Zurücktreten der Endfläche nehmen die Krystalle allmählich pyramidalen Habitus an (Fig. 11) und in vielen Fällen findet man die Grundpyramide allein. Untergeordnet, aber recht häufig tritt die die Kanten der Grundpyramide gerade abstumpfende Pyramide zweiter Ordnung P∞ auf, viel seltener aber eine stumpfe Pyramide erster Ordnung $\frac{1}{m}$P, neben welcher ich in einigen Fällen auch noch eine stumpfe Pyramide zweiter Ordnung $\frac{1}{m}$P∞ mit parallelen Combinationskanten beobachten konnte. An drei verschiedenen Vorkommnissen fand ich ausserdem noch eine Doppelpyramide mPn, deren Auftreten Fig. 15 zeigt, und an einem dieser Krystalle sogar eine zweite, weniger stumpfe Doppelpyramide. An mehreren Vorkommen guter Krystalle ist es mir ferner gelungen, den Winkel der Grundpyramide zu messen, und fand ich ihn an den bestliegenden Krystallen zu 136° bis 137°, welche Zahlen mit der wirklichen Grösse dieses Winkels (136° 36') gut übereinstimmen. Dagegen gelang es mir nicht, an den Pyramiden $\frac{1}{m}$P, $\frac{1}{m}$P∞ und mPn irgend welche Winkel zu messen. Doch scheint es, als ob die beiden ersteren mit den an den Krystallen des zweiten Typus vorherrschend entwickelten stumpfen Pyramiden gleichwerthig wären. Besonders bemerkenswerth erscheint es ausserdem, dass die Flächen der Grundpyramide durch oscillatorische Combination mit 0P immer parallel den Mittelkanten stark gestreift sind, die Fläche 0P dagegen nur selten eine entsprechende Streifung parallel den Pyramidenflächen zeigt. Die Tafeln sind deshalb in der Richtung der Hauptaxe gewöhnlich sehr klar und durchsichtig, die Pyramiden dagegen meist undurchsichtig.

---

[1]) *Klein*. N. Jahrb. für Min. 1871. S. 900 und 1875. S. 337.

Der zweite Typus der mikroskopischen Anataskrystalle, die Combination $\frac{1}{m}P\infty .P$ tritt in den meisten Fällen mit vorherrschendem $\frac{1}{m}P\infty$ auf, so dass die Krystalle eine linsenförmige Gestalt besitzen. Unter dem Mikroskop erscheinen sie dagegen vorwiegend in der in Fig. 16 abgebildeten Form.

Nicht selten tritt die Grundpyramide so weit zurück, dass die Mittelkanten von $\frac{1}{m}P\infty$ sichtbar werden (wie z. B. in Fig. 21), niemals aber fehlt sie ganz Sehr selten dagegen herrscht die Grundpyramide so sehr vor, dass die Flächen von $\frac{1}{m}P\infty$ nur an den Polecken derselben sichtbar werden. Unter den schönen Krystallen von Striegau fand ich auch viele, welche noch andere Flächen erkennen liessen. Besonders häufig ist die Pyramide $P\infty$, sowie eine stumpfe Pyramide erster Ordnung, welche mit $\frac{1}{m}P\infty$ parallele Combinationskanten bildet und in einzelnen Fällen stark entwickelt ist. An den meisten Striegauer Krystallen beobachtete ich aber, auch wenn die Pyramide $\frac{1}{m}P$ fehlte, auf den Flächen von $\frac{1}{m}P\infty$ eine starke Streifung parallel den Combinationskanten von $\frac{1}{m}P$, welche eine oscillatorische Combination der beiden Pyramiden darstellt. Gleichzeitig erscheint auch noch eine Streifung parallel den Flächen der Grundpyramide, welche durch oscillatorische Combination von $\frac{1}{m}P\infty$ mit P bedingt ist, so dass die Krystalle meist das in Fig. 16 dargestellte Aussehen besitzen. An einigen Krystallen von Striegau ist es mir ferner gelungen, unter dem Mikroskop einige Winkel zu messen, welche einen Schluss auf die Axenverhältnisse der Pyramiden gestatten. Ich fand nämlich in meinen Präparaten auch einige, welche parallel einer (aber nicht wirklich vorhandenen) Prismenfläche gelagert waren, wie dies Fig. 17 in Projection zeigt, so dass sich von der Pyramide $\frac{1}{m}P\infty$ der Winkel zweier Polkanten messen liess, welcher sich im günstigsten Falle zu 19° resp. 161° in einigen weniger günstigen zu 18° resp. 162° ergab. Da ich an denselben Krystallen den Winkel der steilen Pyramide zu 135° bestimmen konnte, welcher dem der Grundpyramide sehr nahe kommt, so muss, wenn dies die Grundpyramide ist, die stumpfe Pyramide eine solche zweiter Ordnung sein, deren Werthe zwischen $\frac{1}{7}P\infty$ und $\frac{1}{8}P\infty$ liegen, denn die erstere verlangt für den Winkel zweier Polkanten 20° 21′ 38″, die letztere 17° 51′ 34″. Welche von diesen beiden Pyramiden oder von den dazwischen liegenden unsere wirklich ist, kann ich nicht entscheiden, da die Winkelmessung unter dem Mikroskop viel zu ungenau ist; doch

dürften sich mit den schönen, bis über 0,5 mm grossen Krystallen von Striegau leicht genauere Messungen vornehmen lassen. Da die Pyramide $\frac{1}{7}$P am Anatas sehr häufig ist, und auch an den mikroskopischen Krystallen eine stumpfe Pyramide erster Ordnung nicht selten vorkommt, so möchte ich glauben, dass auch diese den Werth $\frac{1}{7}$P hat. Dann müsste auch die Pyramide zweiter Ordnung $\frac{1}{7}$P∞ sein, da sie mit dieser parallele Combinationskanten bildet. Immerhin aber bleibt es interessant, dass am mikroskopischen Anatas eine so stumpfe Pyramide zweiter Ordnung so verbreitet vorkommt, wie sie an den grossen Anataskrystallen bis jetzt noch gar nicht beobachtet wurde. Die stumpfste Pyramide dieser Art hat bis jetzt *Groth*[1]) als $\frac{5}{19}$P∞ beschrieben, und die nächste ist $\frac{1}{3}$P∞, welche *Seligmann*[2]) und *C. Vrba*[3]) beschrieben haben und von *Carl Wein*[4]) an Anatasen von Rauris in Salzburg vorherrschend beobachtet wurde.

Die basische Endfläche 0P kommt an den Anataskrystallen des zweiten Typus nicht selten vor und ich kenne sogar einige Vorkommnisse, an denen sie stets entwickelt ist, so dass ein dritter Typus entsteht, welcher den Uebergang der beiden beschriebenen in einander andeutet. Ja, an ein Paar Fundorten ist die Pyramide $\frac{1}{m}$P∞ so untergeordnet entwickelt, dass man die Krystalle lieber zu denen des ersten Typus stellen möchte, wenn sie eben nicht an jedem Krystalle entwickelt wäre.

Eine abweichende Krystallform zeigten die Anataskrystalle aus einem völlig zersetzten Gneiss von der Grube Junge hohe Birke bei Freiberg. Es sind dies oktaëderähnliche Pyramiden mit meist rauhen, wenig schön ausgebildeten Flächen, bald mit, bald ohne 0P, deren Kantenwinkel sich in ein Paar Fällen zu 110—113° ergab, so dass sie der Pyramide $\frac{3}{5}$P mit dem Kantenwinkel 112° 55′ nahestehen, welche an einigen Krystallen von der Alp Lercheltiny im Binnenthale vorherrschend entwickelt beobachtet wurde.

Die mikroskopischen Anataskrystalle sind meist recht scharf und regelmässig ausgebildet, erscheinen jedoch zuweilen auch

---

[1]) *Groth.* Strassburger Mineralien-Sammlung S. 109.

[2]) *Seligmann.* Zeitschr. f. Krystallographie 1882. VI. S. 317. N. Jahrb. f. Min. 1881. II. S. 269.

[3]) *Vrba.* Zeitschr. f. Krystallographie 1881. V. S. 417.

[4]) *C. Wein.* Zeitschr. f. Krystallographie 1884. VIII. S. 582.

stark verzerrt und zeigen eine Menge ein- und ausspringender Winkel (Fig. 13). Ebenso kommt es nicht selten vor, dass mehrere Krystalle regelmässig mit einander verwachsen, wie dies z. B. Fig. 18 an einem Anatas aus dem Schilfsandstein von Sugenheim in Mittelfranken zeigt. Wo der Anatas ferner häufig vorkommt, findet man auch oft zahlreiche (20, 30 bis 100) kleinere und grössere Krystalle unregelmässig nach allen Seiten ausstrahlend zu Krystallgruppen verwachsen. Die Anataskrystalle sind ausserdem selten an allen Stellen scharf ausgebildet, sondern fast stets an einem Ende mehr oder weniger beschädigt. Es rührt dies daher, dass sie in kleinen Drusen der Gesteine gebildet wurden und dabei auf andere Mineralien aufgewachsen sind, von welchen sie beim Zerdrücken des Gesteins abbrechen. Bei diesem Zerdrücken wurden natürlich auch viele Krystalle beschädigt, und parallel den Pyramidenflächen oder der Endfläche gespalten. Solche gespaltene Krystalle habe ich häufig beobachtet. dagegen nur selten Spaltungsdurchgänge. Sehr oft aber zeigen die Anatase eine Menge kleinster, unregelmässiger Risse, welche sie trübe und undurchsichtig machen. Besonders häufig beobachtete ich dies in den Fällen, wo ich zur Untersuchung Waldboden verwendete, der natürlich den atmosphärischen Einflüssen im höchsten Grade ausgesetzt war, so dass man das Trübwerden der Anataskrystalle vielleicht auch als eine Veränderung der Anatassubstanz auffassen darf. Sonst sind die Anataskrystalle meist völlig klar und durchsichtig; nur die auf secundärer Lagerstätte befindlichen sind häufig stark abgerollt und dadurch trübe und undurchsichtig.

Farbe. Die Farbe des mikroskopischen Anatases ist sehr verschieden. Recht häufig erscheint er unter dem Mikroskop völlig farblos, meist aber gefärbt. Man findet alle Uebergänge von farblos durch hellgelb nach gelb, orangegelb und gelbbraun, ebenso von farblos nach hellbraun und dunklerbraun und von blassblau nach himmelblau, tief stahlblau und grünblau. Die Krystalle des Typus $\frac{1}{m}P\infty . P$ zeigen gewöhnlich eine graubraune oder grünlichbraune Färbung. Rothe und rein grüne Färbung, wie sie *Laspeyres*[1]) von den Anatasen aus den Drusen der Porphyre von Halle beschreibt, habe ich nicht beobachtet. Vorwiegend sind gelbe und blaue Farben. Nicht selten findet man ferner Krystalle,

[1]) *Laspeyres*. Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. Bd. 16. S. 453.

besonders der Combination 0P.P, welche verschiedene Färbung zeigen: besonders häufig erscheint der Kern einer quadratischen Tafel in einem der äusseren Form entsprechenden Viereck stärker gefärbt als der Rand, während an anderen Tafeln vorwiegend gelbe mit blauen und grünblauen Farben bald regelmässig bald unregelmässig wechseln.

Optische Eigenschaften. Die Anataskrystalle zeigen stets starken Diamantglanz und sehr starkes Lichtbrechungsvermögen. Dichroismus ist nur zu beobachten, wenn die Krystalle nicht parallel 0P im Präparat gelagert sind, und auch dann nur, wenn die Abweichung ziemlich beträchtlich und die Färbung intensiv ist, denn er ist am Anatas überhaupt schwach und schwankt nur wenig von etwas helleren nach dunkleren Farbentönen, z. B. von gelb nach orangegelb. Die Doppelbrechung beobachtet man ebenfalls nur, wenn die Tafeln schief zum Objectglas gelagert sind, so dass die durchgehenden Lichtstrahlen die optische Axe schneiden. Bei geringer Abweichung von dieser, wie dies häufig der Fall ist, zeigen sich nur schwache Interferenzfarben, besonders ein milchiges blasses Blau, welches bei stärkerer Abweichung intensiver wird, aber niemals so stark leuchtet, wie bei Brookit.

Einschlüsse habe ich im Anatas nur sehr selten beobachtet. Die Krystalle sind meist von idealer Reinheit und zeigen da, wo der begleitende Zirkon voll von Einlagerungen ist, nicht die Spur davon. An den meist braunen Anatasen aus den Kieselhölzern findet man manchmal eine grosse Menge kleiner schwarzer Flecken von wenig scharfer Umgrenzung, welche bald ein-, bald auch nur aufgewachsen erscheinen. Da sich dieselben mit Säuren nicht entfernen lassen, so werden sie kaum etwas anderes sein, als kohlige Substanz, welche im Gestein selbst noch reichlich vorkommt. Ein einziges Mal habe ich im Anatas ein rothbraunes Körnchen gesehen, das von Rutil nicht zu unterscheiden war. Gasporen, Flüssigkeitseinschlüsse und Apatitnadeln fehlen dagegen dem Anatas gänzlich. Wo man solche Dinge zu sehen glaubt, sind es immer nur Beschädigungen oder Unregelmässigkeiten der Oberfläche der Krystalle, welche diesen Eindruck hervorbringen.

Grössenverhältnisse. Die Grösse der Anataskrystalle ist sehr wechselnd. Beim Schlämmen erhielt ich sie gewöhnlich in der Grösse von 0,02 bis 0,25 mm; doch kann man an den

Krystallgruppen oft noch viel kleinere sehen. Grössere Anataskrystalle habe ich dagegen nur sehr selten gefunden, und nur im Granit von Striegau kommen solche von 0,5—0,8mm Grösse vor. Die Dicke der Anataskrystalle ist ebenfalls sehr wechselnd und kann weit herabsinken. So fand ich Tafeln des Typus 0P.P, welche bei einer Grösse von 0,1mm kaum 0,001mm dick waren.

Chemisches Verhalten. Das chemische Verhalten des Anatases ist dasselbe, wie das des Rutils und wurde bereits bei diesem angegeben. Zur sicheren Bestimmung des Anatases habe ich in einigen Fällen, in denen sich die Krystalle gut isoliren liessen, die Titansäure auf chemischem Wege nachgewiesen. So erhielt ich mit den aus den Schlämmungsrückständen des Granites von Striegau, des Staurolith-Gneisses von Glattbach und des Semionotussandsteins von Jobstgereuth bei Windsheim mittelst Lupe und Pinsel isolirten Anataskrystallen eine intensive Titansäurereaction in der Phosphorsalzperle. Noch genauer untersuchen konnte ich die durch Schlämmen isolirten, nur von Zirkon begleiteten Anatase aus einem Pinitoid vom Rand des körnigen Kalks bei Gailbach, sowie die aus Titanit entstehenden von Dürrmorsbach bei Aschaffenburg. Letztere ergaben ausser Titansäure noch Spuren von Eisen und Kalk, welche aus noch anhaftendem, nicht völlig zersetztem Titanit stammen. In einem Falle gelang es mir, auch das specifische Gewicht des Anatases annähernd zu bestimmen. Es war mir nämlich bei reichlichem Vorhandensein von Anatas, Zirkon und Rutil sehr häufig noch möglich, diese drei Mineralien durch Schlämmen theilweise von einander zu trennen. Dagegen war es mir unmöglich, bei der Untersuchung des Schaumkalkes von Erlabrunn bei Würzburg den Anatas von dem ihn in grosser Menge begleitenden Coelestin zu trennen, weil die specifischen Gewichte der beiden einander ziemlich gleich sind.

Verbreitung. Die Verbreitung des Anatases ist eine ganz enorme und nicht viel geringer als die des Zirkons und Rutils. Dagegen ist die Menge, in der er neben diesen Mineralien auftritt, meist beträchtlich kleiner. Ehe ich jedoch zu einer Schilderung der von mir beobachteten Verbreitung übergehe, wird es zweckmässig sein, das bis jetzt beobachtete Vorkommen des Anatases näher zu besprechen.

Bis in die letzte Zeit waren vom Anatas fast nur die Vorkommen der grossen, mit dem blossen Auge oder doch mit der

Lupe schon deutlich sichtbaren Krystalle bekannt. Man fand diese an vielen Orten der Schweiz, am Pfitscher Joche in Tyrol, an mehreren Orten in Rauris im Salzburgischen, am Zirmsee in Kärnthen, zu Schemnitz in Ungarn, bei Bourg d'Oisans in der Dauphiné, in Norwegen, bei Tavistock in Devonshire, in Tremadoc in Nord-Wales, in Cornwall, im Ural, in Brasilien, Nord-Carolina und in Neu-Süd-Wales in Australien, überall auf Klüften und in Drusen der älteren krystallinischen Gesteine, besonders der Granite, Gneisse und Glimmerschiefer, seltener der Hornblendegesteine, oder in den aus der Zertrümmerung dieser Gesteine hervorgegangenen Sanden und Geröllen. In Deutschland ist er meist nur in kleinen Krystallen gefunden worden. So fand ihn *Brücke* [1]) in Begleitung von Brookit in den Drusen des Granits vom grünen Busch bei Schwarzbach, östlich von Hirschberg, und *Klette* [2]) ebenso mit Brookit am Rabenstein bei Wolfshau, westlich von Schmiedeberg in Schlesien in bis 6 mm grossen Pyramiden. Aus dem Granite von Königshain in der Oberlausitz gibt ihn neuerdings *Woitschach* [3]) an. Im Gneisse des Spessarts hat ihn bereits *Kittel* [4]) am Gottelsberg und bei Stockstadt gefunden, und aus Sachsen beschrieb ihn *Knop* [5]) von den Klüften eines Hornblendeschiefers im Phyllit von Harthau bei Burkhardtsdorf. Auf den Klüften der Diabase hat man den Anatas schon an mehreren Orten beobachtet. So fand ihn *Schilling* [6]) in durchsichtigen gelblichbraunen Krystallen der Combination P.0P auf Klüften des dichten Diabases der Grube Obersteigerkopf zu Zorge und auf einer Kluftausfüllung im körnigen Diabas von Stammrode bei Harzgerode im Harz in gelblichbraunen Tafeln und grösseren schwärzlichbraunen Pyramiden. *Gümbel* [7]) gibt sein Vorkommen in einem Steinbruch im Feilitzschholz bei Hof in kleinen Pyramiden auf den Klüften eines Schalsteines an.

---

[1]) *G. Rose*, Zeitschr. d. deutch. geolog. Gesellsch. 1849. Bd. I. S. 81. *Roth*, Niederschlesische Gebirge 1867. S. 63.

[2]) *Klette*, Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. 1875. 27 Bd. S. 442.

[3]) *Woitschach*, Abhandl. d. natnrf. Gesellsch. z. Görlitz 17. Bd. S 141.

[4]) *Kittel*, Skizze der geognostischen Verhältnisse der Umgegend von Aschaffenburg, Programm des kgl. bayer. Lyceums zu Aschaffenburg 1840. S. 13.

[5]) *A. Knop*, Programm der kgl. Gewerbeschule zu Chemnitz 1856.

[6]) *Schilling*, Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. 1869. 21. Bd. S. 703.

[7]) *Gümbel*, Geognostische Beschreibnng des Fichtelgebirges S. 482.

In mikroskopischer Kleinheit fand *Laspeyres* [1]) den Anatas in den Drusen der Porphyre von Halle und *Diller* [2]) beobachtete ihn als Umwandlungsprodukt des Titanits im Biotitamphibolgranit der Troas, sowie als Umwandlungsprodukt des Titaneisens in dem erwähnten Schalstein vom Feilitzschholz bei Hof. Doch ist diese letztere Bildungsweise bereits vor ihm von *Neef* [3]) an zersetztem Titaneisen in einem bei Joachimsthal unweit Berlin gefundenen schwedischen Gabbrodioritgeschiebe gesehen worden. Zu den mikroskopischen Vorkommnissen des Anatases darf vielleicht auch noch das von *G. Spezia* [4]) im Gneiss von Baura im Ossolathale beobachtete gezählt werden, da die Kryställchen nur 0,25 mm gross sind, sowie das Vorkommen von Anatas in veränderten Rutilkrystallen von Vannes, welches *v. Lasaulx* [5]) beschrieben hat.

In Sedimentärgesteinen wurde der Anatas bis jetzt nur an vier Orten gefunden, nämlich von *Eddy* [6]) im Dolomit von Smithfield (Rhode Island) in Begleitung von Bergkrystall, Natrolith und Perlspath; von *Wöhler* [7]) in einem oolithischen Eisenerz aus der Steinkohlenformation von Cleveland in England in mikroskopischen Krystallen und zwar in ganz derselben Weise, wie ich ihn in so vielen Gesteinen fand, nämlich durch Auflösen des Eisenerzes in Salzsäure und Schlämmen des thonigsandigen Rückstandes; von *Gümbel* [8]) in der Grauwacke des Treppenberges bei Hof und von *de Koninck* [9]) in einem Thon von Nil-Saint-Vincent in bis 1,5 mm grossen graulichgelben Pyramiden.

Nachdem diese Arbeit bereits abgeschlossen war, lernte ich noch die Abhandlung von *Stelzner* [10]) kennen, in welcher die

---

1) *Laspeyres*, Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. 1864. 16. Bd. S. 453.

2) *Diller*, N Jahrb. f. Min. 1883. I. S. 187.

3) *Neef*, Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. 1882. S. 487.

4) *G. Spezia*: Cenni geognostici e mineralogica sul Gneiss di Benra; Atti della R. Accad. delle Scienze di Torino 1882. Vol. XVIII.

5) *v. Lasaulx*, Zeitschr. f. Krystallographie. VIII. Bd. S. 3.

6) *Eddy*, Bost. Soc. Nat. Hist. X. p. 94.

7) *Wöhler*, N. Jahrb. f. Min. 1868. S. 202.

8) *Gümbel*, Geogn. Beschreibung des Fichtelgebirges. S. 482.

9) *de Koninck*, Bull. de l'Acad. roy. de Belg. 1878; im Auszug Zeitschr. f. Krystallogr. 1880. IV. S. 112.

10) *Stelzner*, N. Jahrb. f. Min. 1884. I. S. 273.

bereits früher [1]) beschriebenen blauen Tafeln aus aufgelöstem Gneisse vom Ludwig-Schacht-Revier von Himmelfahrt-Fundgrube bei Freiberg als Anatas aufgeführt werden, welcher auch in kleinen Pyramiden im zersetzten Gneiss von Freibergsdorf von ihm angegeben wird; ferner eine Dissertation von *A. Schenk* [2]), welcher den Anatas auf Klüften des Bochtenbecker Diabases, sowie als Neubildung aus Titaneisen im Diabasporphyrit vom Tannenbergsthal beobachtete; endlich die Abhandlung des Herrn *v. Chrustschoff* im 2. Hefte von Tschermaks mineralogischen und petrographischen Mittheilungen für 1884. Die daselbst S. 176 in Fig. 7 abgebildeten Krystalle aus dem Granitporphyr von Beucha, für welche er es unentschieden lässt, ob sie für Rutil, Anatas oder Brookit zu halten seien, sind ächter Anatas, wie ich mich an einem Präparate überzeugen konnte, welches Herr *v. Chrustschoff* an Herrn Prof. *Sandberger* geschickt hat.

Aus der vorstehenden Uebersicht der bis jetzt bekannten Verbreitung des Anatases ergibt sich, dass derselbe wesentlich nur aus Klüften und Drusen der krystallinischen Gesteine bekannt war, während das Vorkommen in den Sedimentärgesteinen als Merkwürdigkeit gelten konnte. Der Anatas besitzt aber in Wirklichkeit eine viel grössere Verbreitung, und es wäre eigentlich nur zu verwundern, dass er bei den mikroskopischen Untersuchungen, die ja fast schon an jedem Gestein gemacht wurden, so sehr selten gefunden wurde, wenn diese mikroskopischen Untersuchungen eben nicht fast ausschliesslich an Dünnschliffen und an frischen krystallinischen Gesteinen vorgenommen worden wären. Der Anatas findet sich aber nicht in den frischen krystallinischen Gesteinen, sondern nur in den zersetzten und auch in diesen oft nur in geringer Menge, so dass er im Schliff kaum zu entdecken wäre. Bei Untersuchung der Schlammrückstände fand ich ihn aber in weiter Verbreitung in den zersetzten Graniten, Gneissen, Glimmerschiefern, Glimmerdioriten, Aschaffiten, Porphyren, Porphyriten und Basalten. Noch verbreiteter aber ist er in den Sedimentärgesteinen, theils neu gebildet, theils mit anderen Mineralien eingeschwemmt und zwar sowohl in den

---

[1]) *Stelzner*, Berg- und Hüttenm. Zeitung. 1883. S 171.

[2]) *Schenk*, Die Diabase des oberen Ruhrthals, Bonn 1884. S. 25.

Sandsteinen, Mergeln und Schieferthonen, als auch in den fast reinen Kalken nnd Dolomiten. Ja ich möchte behaupten, dass man den Anatas bei sorgfältiger Untersuchung, die sich, wenn nöthig, auf mehrere Gesteinsproben ausdehnt, in jedem Sedimentärgesteine und in jedem bis zu einem gewissen Grade zersetzten krystallinischen Gesteine finden kann, oder statt seiner wenigstens Brookit, da die Titansäure fast in keinem Gesteine völlig fehlt.

Bildung. Die Bildung des Anatases hängt mit seiner Verbreitung innigst znsammen. Ich habe bereits angegeben, dass der Anatas nicht in den frischen krystallinischen Gesteinen vorkommt. *Nessig* [1]) nnd *Kollbeck* [2]) glauben ihn dagegen in den Granitporphyren und Quarzporphyren von Elba und in den Felsitporphyren des südöstlichen China als Primitivgebilde, d. h. beim Erstarren dieser Gesteine gebildet, gesehen zu haben. *Nessig* beschreibt ihn in 0,01—0,03 mm grossen gelblichen Pyramiden, von denen er im Ganzen vier beobachtete, während *Kollbeck* kaum mehr und nur 0,006 mm grosse gesehen hat. Winkelmessungen, sowie optische und chemische Untersuchungen wurden nicht gemacht oder waren nicht zu machen. Ich habe nun anch in mikroskopisch kleinen Titaniten aus Hornblendegesteinen von Hösbach und Steinbach bei Aschaffenburg neben reichlichen, runde, verzerrte und eckige Formen zeigenden Einschlüssen von Rutil einige kleine, gelb bis braun gefärbte und bis 0,03 mm grosse Pyramiden beobachtet, die dem Anatas sehr ähnlich sehen, möchte sie aber doch nicht mit Sicherheit dafür erklären. Man kann sich bei so kleinen Dingen, wenn chemische und optische Untersuchnngen nicht mehr möglich sind, zn leicht täuschen. Was mich aber eigentlich veranlasst, an der Richtigkeit der Bestimmnngen der Herren *Nessig* und *Kollbeck*, sowie an dem Vorkommen des Anatases als ursprünglichen Gemengtheils der Eruptivgesteine überhaupt zu zweifeln, sind Gründe, die im chemischen Verhalten des Anatases liegen. Erhitzt man nämlich den Anatas, so ändert er schon bei schwacher Glühhitze sein specifisches Gewicht in das des Brookits um und bei starker Glühhitze

---

[1]) *Nessig*, Die jüngeren Eruptivgesteine des mittleren Elba. Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. u. Inaug.-Dissert. 1883. S. 109 u. 118.

[2]) *Kollbeck*, Porphyrgesteine des südöstlichen China. Inaug.-Dissertat. Berlin 1883. S. 20.

nehmen die beiden Mineralien bekanntlich das specifische Gewicht des Rutils an. Ferner erhält man bei den verschiedenen Methoden zur Darstellung der krystallisirten Titansäure[1]) den Anatas stets nur bei schwacher Glühhitze. So entsteht z. B. beim Glühen vom Titanflnorid oder Titanfluorkalium mit Wasserdämpfen der Anatas nur bei Temperaturen unter 860°, der Brookit zwischen 860° und 1040° und bei höheren Temperaturen bis zur Weissglühhitze nur der Rutil[2]). Bei hohen Temperaturen ist in einer feuchten und sauren Atmosphäre überhaupt nur der Rutil beständig. Wenn nun, wie daraus hervorgeht, die Titansäure in der Modification des Anatases nur bei niedrigeren Temperaturen zu existiren vermag, so kann sie auch nicht aus einem glühenden Schmelzflusse in dieser Form krystallisiren.

Viel eher als Anatas könnte deshalb Brookit in den Eruptivgesteinen als Gemengtheil zu finden sein, was aber ebenfalls unwahrscheinlich ist, während der Rutil die grösste Wahrscheinlichkeit für sich hat, und auch wirklich als primitiv gebildeter Gemengtheil in vielen Eruptivgesteinen vorkommt. Weit eher möglich wäre das Vorkommen des Anatases und Brookits als Gemengtheil der krystallinischen Schiefergesteine, wenn man dieselben als metamorphisohe oder auf hydatopyrogenem Wege bei nicht sehr hoher Temperatur gebildete Gesteine auffasst. Doch habe ich Anatas mit Ausnahme der beiden erwähnten zweifelhaften Fälle niemals im frischen Gesteine beobachtet.

Die Bildung des Anatases aus anderen Titanmineralien wurde bereits mehrfach beschrieben. Wie schon angegeben, haben *Neef*, *Diller* und *Schenk* den Anatas als Umwandlungsprodukt des Titaneisens in der früher als Leukoxen und Titanomorphit bezeichneten, neuerdings als Titanit erkannten weisslichen oder gelblichen Masse entdeckt, welche aus dem Titaneisen der Diabase und eines Gabbrodiorits entsteht. *Diller* hat ferner gefunden, dass der Anatas im zersetzten Biotitamphibolgranit von Tavaolee in der Troas sich aus Titanit bildet. Diese Bildung des Anatases aus Titanit habe auch ich und zwar schon vor vier Jahren in dem violeten Feldspathe beobachtet, welcher im Glimmerdiorit

---

1) Vergl. *Fuchs*, Die künstlichen Mineralien S. 88 ff. u. *Gmelin-Kraut* Anorg. Chemie VI. Anfl. II. 2. S. 4—8.

2) *Hautefeuille*, Compt. rend. 53. p. 161.

bei Dürrmorsbach im Spessart liegt [1]). Der Titanit bildet hier gelbe bis braune Krystalle und krystallinische Aggregate bis zu 5 cm Grösse, welche in vielen Fällen oberflächlich oder ganz in einen weissen bis hellgelben erdigen Körper verwandelt sind, der sich bei Oberbessenbach auch in schönen Pseudomorphosen nach Titanit findet, und jedenfalls dieselbe Substanz ist, welche schon *Tauber* (der Plauen'sche Grund bei Dresden, Nürnberg 1799) und später *Groth* [2]) als Umwandlungsprodukt des Titanits im Syenit des Plauen'schen Grundes beschrieben hat. An anderen Stellen aber, wo das ganze Gestein stärker verändert, der violete Feldspath ausgebleicht, der die Färbung desselben bedingende Mangangehalt als schwarze Mangandendriten auf den Klüften abgeschieden ist und in kleinen Drusen sich Pistazit und Thulit angesiedelt haben, findet man auch den Titanit stärker verändert und oft ganz oder theilweise verschwunden. An solchen Stellen findet man aber die Wände ausgekleidet mit kleinen, hellbraunen, diamantglänzenden Kryställchen, die in einzelnen Fällen mit Brauneisenstein verwachsen als ein feines Gitterwerk den Hohlraum noch theilweise oder ganz erfüllen, so dass sie eine ächte Pseudomorphose nach Titanit darstellen. Unter dem Mikroskop erweisen sich diese Kryställchen als dünne, oft sehr verzerrte, selten über 0,15 mm grosse, quadratische Tafeln, an denen man die Grundpyramide nur mit Mühe deutlich zu sehen vermag, so dass ich trotz des chemischen

---

[1]) Diese Einlagerung enthält reichlich Ortbit, welchen Herr Prof. *Sandberger* in der Würzburger Naturwissenschaftlichen Zeitschrift Bd. VI. S. 43 bereits kurz beschrieben bat. Ich babe denselben wieder gefunden und chemisch näher untersucht und in ibm ausser Al, Fe, Ce, La, Di, SiO_2 und H_2O noch Ka, Na, Li, Ca, Sr, Y, Er, Th, Be, Mn, Cu, Pb, ferner in Spuren Cr und Bi, sowie beträchtliche Mengen Arsen nachweisen können, also eine Zahl von Elementen, wie sie selten in einem Mineral vorkommt. Das Arsen fand ich auch in dem in rhombischen Prismen und Pyramiden krystallisirten Gadolinit, der in einer ähnlichen Einlagerung im Glimmerdiorit von Strassbessenbach zusammen mit grossen Oligoklaszwillingen vorkommt. An dem zuerst genannten Orte bilden sich bei der Zersetzung des Orthits theils rothe, dichte Substanzen, theils braune ockerige Massen, schwarze Mangandendriten und zuletzt auch ein gelbes Pulver, welches sich in verdünnter Salzsäure ohne Brausen leicht löst, viel Ce, H_2O und etwas Fe enthält und jedenfalls ein bis jetzt in der Natur noch nicht beobachtetes Cerhydroxyd ist. An andern Stellen ist der Orthit von Pistazit umgeben, welcher aus ihm zu entstehen scheint.

[2]) *Groth*, N. Jahrb. f. Min. 1866. S. 48.

Nachweises der Titansäure sie erst im vorigen Jahre als Anatas zu bestimmen vermochte, nachdem ich denselben an anderen Orten in besseren ähnlichen Krystallen gefunden hatte. Diese Bildung des Anatases aus Titanit darf in vielen Fällen angenommen werden, da der Titanit in den zersetzten krystallinischen Gesteinen oft sehr selten ist, während er im frischen Gestein häufig vorkommt. Auch in den Sedimentärgesteinen mag dieser Process häufig stattgefunden haben, da der im Urgebirge so verbreitete Titanit in diesen nur sehr selten noch zu finden ist.

Diller gibt an, dass er in jedem Flöckchen Chlorit des schon öfters erwähnten Biotitamphibolgranits kleine Anataskryställchen gefunden habe. Da dieser Chlorit aus der Zersetzung des Glimmers und der Hornblende hervorgegangen ist, so wäre es auch möglich, dass sich der Anatas z. Thl. aus diesen Mineralien gebildet hat, welche ja fast stets Titansäure enthalten. Es wäre dies also eine Bildungsweise ganz ähnlich der des Rutils aus Glimmer, nnd *Stelzner*[1]) nimmt sie auch für das Vorkommen des Anatases bei Freiberg an. Ich habe bis jetzt in keinem zersetzten Glimmer Ausscheidungen von Anatas nachweisen können. Dagegen habe ich in einem Falle den Brookit unter solchen Umständen getroffen, dass seine Bildung aus Glimmer wahrscheinlich ist, und da der Rutil sehr häufig so vorkommt, so wird man auch den Anatas noch als Zersetzungsprodukt des Glimmers finden können.

Endlich kann auch der Rutil in Anatas umgewandelt werden, wie dies durch die Beobachtung von *v. Lasaulx*[2]) an Rutilkrystallen von Vannes wahrscheinlich gemacht worden ist.

Im Allgemeinen habe ich für die Bildung des Anatases folgende Beobachtungen gemacht. Der Anatas findet sich als Neubildung nicht bloss in den zersetzten krystallinischen Gesteinen, sondern auch in den Sedimentärgesteinen. Es geht dies mit Bestimmtheit daraus hervor, dass

1. der Anatas in vielen Sandsteinen in verhältnissmässig sehr grosser Menge vorkommt, die Krystalle dann meist wunderschön klar und scharf ausgebildet sind und dabei sehr dünne Tafeln nnd ganze Krystallgrnppen bilden, welche nicht die geringste Abrollnng zeigen, was bei der geringen

[1]) *Stelzner*, N. Jahrb. f. Min. 1884. I. S. 273.
[2]) *v. Lasaulx*, Zeitschr. f. Krystallographie. VIII. 1884. S. 73.

Härte des Anatases und nach einem langen Transport durch fliessendes Wasser kaum möglich wäre;

2. dass Kalke und Dolomite mit reichlichem Anatas oft nur sehr wenig eingeschwemmte Theilchen, namentlich nur wenig Zirkon, Rutil und Turmalin enthalten;
3. dass der Anatas in grosser Menge in Kieselhölzern vorkommt, welche keine Spur von Zirkon, Rutil u. s. w. enthalten, während sie in dem das Kieselholz einschliessenden Sandsteine sehr reichlich vorhanden sind, dem der Anatas dagegen fehlt;
4. dass die in den Sedimentärgesteinen neu gebildeten Anatase einen sehr übereinstimmenden Habitus und gleiche Farbe besitzen.

Wo der Anatas auf secundärer Lagerstätte vorkommt, ist er ebenso wie die begleitenden Mineralien stark abgerollt und zeigt verschiedenen Habitus und verschiedene Farbe. Man findet häufig Pyramiden und Tafeln des ersten Typus und Krystalle des zweiten neben einander, im Ganzen aber meist nur wenige Individuen. Ich war deshalb nur in wenigen Fällen zweifelhaft, ob der vorliegende Anatas sich auf primärer oder secundärer Lagerstätte befindet. Doch sind mir mehrere Vorkommen bekannt, in denen neben unzweifelhaft neugebildeten Anatasen auch abgerollte vorhanden sind, was übrigens sehr wohl möglich ist, da die Bildung neuer Anataskrystalle die Auflösung der bereits vorhandenen nicht voraussetzt.

Ausserdem konnte ich beobachten, dass der Anatas sich als Neubildung vorwiegend in solchen Sandsteinen findet, welche eine ziemliche Menge Kaolin oder Feldspath enthalten oder enthalten haben, wie z. B. Rothliegendes, Weissliegendes, Bunt-, Keuper- und Kreidesandsteine; dass ferner Kalksteine und Dolomite mit neugebildetem Anatas meist eine drusige oder poröse Beschaffenheit zeigen und ausserdem eine oft sehr grosse Menge ebenfalls neugebildeter Bergkrystalle von mikroskopischer Grösse (0,05—0,2 mm) enthalten. Diese durchweg säulenförmigen Bergkrystalle zeigen ∞R nebst + und —R und sind nicht selten parallel und senkrecht mit einander verwachsen. Sie finden sich auch in den erwähnten Anatas führenden Sandsteinen gewöhnlich und kommen selbst in den kaolinisirten Gneissen und Graniten und drusigen Porphyren in Begleitung des Ana-

tases nicht selten vor. In einzelnen Fällen, wie z. B. im Porphyrit von Waldböckelheim scheinen sie durch Tridymit ersetzt zu werden. Ferner sei erwähnt, dass, wo man früher Anatase in Klüften und Drusen der krystallinischen Gesteine fand, dieselben fast immer von Bergkrystallen begleitet waren.

Aus diesen Beobachtungen lässt sich schliessen, dass die Titansäure, aus welchem Minerale sie auch hervorging, durch alkalische Flüssigkeiten, die aus sich zersetzenden Feldspathen oder auch in selteneren Fällen aus Glimmer entstanden, zusammen mit Kieselsäure gelöst wurde und sich mit dieser in krystallisirter Form wieder abschied, als durch Kohlensäurezufuhr die Bildung von kohlensauren und doppelt kohlensauren Alkalien möglich wurde, welche die beiden Säuren nicht mehr in Lösung zu halten vermochten. Auch kann die Zersetzung der Lösung durch andere Salze, z. B. durch Gyps und Kohlensäure zugleich erfolgt sein, so dass sich gleichzeitig kohlensaurer Kalk abschied, in welchen der Anatas in der Schweiz nicht selten eingewachsen vorkommt. In vielen Fällen scheint sich der Quarz vor dem Anatas gebildet zu haben, da dieser demselben häufig aufsitzt; doch hat man in der Schweiz den Anatas auch im Bergkrystall gefunden. Sicher ist, dass der Anatas sich auch heutzutage bei gewöhnlicher Temperatur und unter gewöhnlichem Druck noch zu bilden vermag und dass es unnöthig ist, zu seiner Bildung die Mitwirkung von sauren und heissen Fumarolen anzunehmen.

8. Brookit.

Krystallform. Der Brookit erscheint als mikroskopisch kleiner Bestandtheil der zersetzten krystallinischen Gesteine und der Sedimentärgesteine stets in dünnen Tafeln, an welchen das makrodiagonale Flächenpaar $\infty\breve{P}\infty$ weitaus vorherrschend entwickelt ist, so dass die übrigen Krystallformen nur die Umrandung der Tafeln bilden. Von diesen ist besonders häufig das Prisma ∞P und die Pyramide $\breve{P}2$. Nicht selten und an manchen Vorkommnissen stets entwickelt sind $0P$ und $2\breve{P}\infty$; selten ist $\frac{1}{2}\bar{P}\infty$ und $\infty\breve{P}\infty$. Die Figuren 23—29 zeigen die meisten der verschiedenen von mir beobachteten Formen des Brookits. Wie an den grossen Krystallen, so sind auch an diesen die Flächen $\infty\bar{P}\infty$ und ∞P vertical gestreift, manchmal nur ganz fein, so dass die Streifung nur mit Mühe zu sehen ist, wie z. B. an den kleinen Krystallen

aus dem Infraliassandstein von Burgpreppach, nicht selten aber auch so grob, dass die Krystalle nur an wenigen Stellen durchsichtig sind, wie z. B. die sonst schönen Krystalle von Striegau. Ganz ähnlich wie beim Anatas findet man auch beim Brookit die Krystalle häufig verzerrt, indem an vielen Stellen einer Tafel Krystallenden entwickelt sind, oder die Krystalle regelmässig seitlich oder parallel $\infty\breve{P}\infty$ oder auch unregelmässig zu strahligen Gruppen verwachsen, wie dies z. Thl. an den Figuren 23 und 24 zu sehen ist.

Die Brookittafeln sind meist durchsichtig, zeigen starken Diamantglanz und starkes Lichtbrechungsvermögen. Sie sind selten ganz farblos, viel seltener als dies beim Anatas der Fall ist, sondern meist gefärbt und zwar vorwiegend blassgelb bis intensiv gelb und orangegelb, oder auch hellbraun, in einigen Fällen auch blau und grünblau. Ebenso wie beim Anatas kommt auch hier an einzelnen Krystallen verschiedene Färbung vor. Besonders häufig erscheint der Rand der Krystalle bei 0P grünlichgrau, die Mitte dagegen farblos oder auch gelblich, seltener ist diese stärker gefärbt, z. B. blau und der Rand gegen die Prismenflächen zu blassgelb.

Einlagerungen sind beim Brookit sehr selten, nur einmal beobachtete ich an einem Krystall aus dem Zechsteindolomit von Grenzenberg bei Görisseiffen in Schlesien etwas derartiges. Derselbe war nämlich von 0P gegen die Mitte zu völlig klar, von den andern Seiten her dagegen trüb und zwar in regelmässigen, aber nicht scharfen Streifen parallel $\breve{P}2$, wie dies Fig. 25 zeigt. Die Trübung löste sich selbst bei starker Vergrösserung nicht in einzelne Theilchen auf.

Optische Eigenschaften. Sehr charakteristisch für den Brookit sind Pleochroismus und Polarisationserscheinungen, welche bei der gewöhnlichen Lagerung der Tafeln parallel zwischen Object- und Deckglas fast immer zu beobachten sind. Bei den gelben Krystallen zeigt sich, wenn die Hauptaxe dem untern Nicol parallel gerichtet ist, eine citronengelbe Färbung, eine orangegelbe dagegen, wenn sie senkrecht dazu steht. Auch bei den blauen und grünblauen Krystallen ist deutlicher Pleochroismus vorhanden. Im polarisirten Lichte löscht der Brookit bei gekreuzten Nicols meist parallel der Hauptaxe aus; in einzelnen Fällen habe ich aber auch sehr deutlich schiefe Auslöschung beobachtet. Bei schiefer

Stellung zeigt der Brookit ferner herrliche, intensiv leuchtende Interferenzfarben, unter denen ein tiefes, intensives Blau und Gelb oder Orangegelb besonders charakteristisch sind. Doch treten auch rothe und grüne Farben, sowie Uebergänge dieser in die vorigen nicht selten auf. Dieses Polarisationsverhalten, verbunden mit der Beobachtung des Pleochroismus und der Streifung gestattet den Brookit stets leicht und sicher von Anatas und Rutil, sowie von anderen Mineralien zu unterscheiden.

Chemisches Verhalten. In chemischer Beziehung verhält sich der Brookit wie Anatas und Rutil.

Verbreitung. Der Brookit galt bis jetzt für ein im Ganzen seltenes Mineral. Man fand ihn an mehreren Orten in der Schweiz, zu Oisans in der Dauphiné, in Tremadoc in Nord-Wales, in Cornwall, bei Miask im Ural, zu Magnet-Cove in Arkansas, in Nord-Carolina und in Neu-Süd-Wales; ferner bei Hirschberg und Schmiedeberg in Schlesien und am Pfitscher Joche in Tyrol, überall auf Klüften oder in Drusen der älteren krystallinischen Gesteine oder in den aus diesen hervorgegangenen Geröllen und Sanden. In vulkanischen Gesteinen hat man ihn angegeben bei Bianca villa und im Val del Bove am Aetna und bei Autun in Frankreich. Als Vorkommen in den sedimentären Gesteinen könnte das in den Bleierzgängen von Ellenville im Staate New-York gelten, da dieselben in silurischem Sandstein aufsetzen. Als Neubildung aus Titanit beschrieb ihn *A. Müller* [1]) aus einem Kalk von St. Philippe bei Markirch im Elsass.

In nur mikroskopisch kleinen Krystallen hat man den Brookit bis jetzt überhaupt nicht mit Sicherheit nachgewiesen. Ich fand ihn aber in dieser Form in mehreren zersetzten Graniten und Gneissen, im Schutt einiger Porphyre und eines Dolerites. Sehr verbreitet ist er ferner in den Sedimentärgesteinen, in denen er aber meist auf secundärer Lagerstätte und stark abgerollt, selten als Neubildung vorkommt. Er ist im Ganzen seltener als Anatas und findet sich ebenso, wie an den Vorkommen der grossen Brookitkrystalle, gewöhnlich neben diesem. In den krystallinischen Gesteinen kommt er nur vor, wenn dieselben zersetzt sind, im frischen Gestein fehlt er.

---

[1]) *A. Müller*, N. Jahrb. f. Min. 1858. S. 820.

Bildung. Diese ist bis jetzt nur einmal direct beobachtet worden, nämlich von *A. Müller* aus Titanit von St. Philippe bei Markirch im Elsass. Ich habe diese selbst nicht wieder gefunden, dagegen einmal, nämlich in einem in Zersetzung befindlichen, aber noch festen Quarzitschiefer von Huckelheim im Spessart in den hellgrünen, schwach chromhaltigen Glimmerblättchen mehrere regellos gruppirte hellbraune, kleine Brookittäfelchen eingelagert gesehen, welche vielleicht aus diesem bereits etwas zersetztem und wasserhaltigem Glimmer entstanden sind. In Begleitung dieses Glimmers und sehr oft in ihm findet man jedoch viele kleine Körner und Krystalle von rothbraunem Rutil, der nicht selten in eine hellgelbe, erdige Masse verändert ist, welche zwar keine Formen zeigt und die ich auch chemisch nicht näher zu bestimmen vermochte, die aber vielleicht eine Paramorphose des Rutils in Brookit darstellen könnte, da der Kalk im Gestein fast gänzlich fehlt und deshalb Titanitbildung nicht wahrscheinlich ist. Derselbe könnte aber aus dem in allernächster Näbe anstehenden Zechsteine zugeführt worden sein.

Im Uebrigen gilt für die Bildung des Brookits alles, was ich oben über die des Anatases gesagt habe.

4. Pseudobrookit.

Der Pseudobrookit ist ein erst seit 1878 bekanntes Mineral, welches von *A. Koch*[1]) in dem zersetzten drusigen Trachyte vom Aranyer Berge in Siebenbürgen in Begleitung von Tridymit, Szaboit und anderen Mineralien entdeckt und näher beschrieben wurde. Bald darauf fand ihn *Gonnard*[2]) in einem ähnlichen Trachyte von Riveau grand im Mont Dore in der Auvergne und *Lewis*[3]) im Spargelstein von Jumilla in Spanien. Ich habe ihn bis jetzt nur im zersetzten Basalt und Phonolith des Kreuzbergs in der Rhön gefunden, welche von Herrn Prof. *Sandberger* und mehreren Studirenden gelegentlich einer Excursion zu Pfingsten 1884 gesammelt und mir freundlichst zur Untersuchung überlassen wurden.

---

[1]) *A. Koch* in Tschermaks Min. u. petr. Mitth. 1878. S 78 u. 344 u. ff.

[2]) *v. Lasaulx* in Jahresber. d. schlesisch. Ges. f. vaterl. Cultur 1879. S. 17f.

[3]) *Lewis* Proceedings of the crystallological society II p. 108 f. Zeitschr. f. Kryst. 1883. VII. S. 181.

Krystallform. Der Pseudobrookit bildet rhombische Tafeln mit vorherrschendem $\infty\breve{P}\infty$, welche wesentlich von den Flächen ∞P und $\bar{P}\infty$ begrenzt sind. Die Krystalle sind schwarz, stark glänzend und nur an den dünnsten Stellen mit rothbrauner Farbe durchscheinend. Ganz dasselbe beobachtete ich an den Pseudobrookiten vom Kreuzberg; nur sind die Tafeln bedeutend kleiner, indem die grössten, welche ich sah, nur 0,2mm lang und 0,1mm breit waren, so dass sie nur unter dem Mikroskop zu entdecken sind. Bei dieser geringen Grösse sind sie natürlich auch entsprechend dünn und deshalb alle durchsichtig oder doch noch mit tief rothbrauner Farbe durchscheinend. Sie stimmen in ihrem ganzen Habitus, Farbe, Lichtbrechung u. s. w. so vollkommen mit denen der Würzburger Sammlung vom Aranyer Berge und vom Mont Dore überein, dass ich an der Identität der beiden Mineralien keinen Zweifel habe. An den Krystallen vom Kreuzberg ist stets $\infty\breve{P}\infty$ vorherrschend entwickelt und ∞P und $\bar{P}\infty$ immer vorhanden, so dass die in Fig. 30 abgebildete Form die gewöhnliche ist. Ausser diesen drei Arten von Flächen tritt sehr häufig, meist untergeordnet, aber hier und da gegen $\bar{P}\infty$ überwiegend, noch eine Pyramide auf, deren stumpfe Polkante mit der Prismenkante einen Winkel von etwa 116° bildet und vielleicht die von *Koch* beschriebene, aber an den Krystallen vom Aranyer Berge nur sehr untergeordnet entwickelte Pyramide P6 ist (Fig. 31). Selten, sehr untergeordnet und weniger sicher habe ich die Flächen $e = \frac{1}{3}\bar{P}\infty$, $l = \infty\breve{P}2$ und $b = \infty\breve{P}\infty$ beobachtet. Die Fläche $\infty P\infty$ ist gewöhnlich parallel den Prismenkanten gestreift, doch habe ich diese Streifung manchmal auch nicht gesehen. Spaltbarkeit parallel $\infty\breve{P}\infty$ ist deutlich zu beobachten. Die Krystalle sind scharf, aber nicht allseitig ausgebildet, sondern an einem Ende gewöhnlich beschädigt.

Farbe und optisches Verhalten. Unter dem Mikroskop zeigt der Pseudobrookit bei abgeblendetem Unterlichte metallartigen Diamantglanz; bei durchfallendem Lichte ist er mit gelbbrauner oder rothbrauner Farbe durchsichtig, dicke Kryställchen erscheinen fast schwarz. Der Pseudobrookit zeigt sehr deutlichen, aber schwachen Pleochroismus und im polarisirten Lichte stark leuchtende, jedoch nicht sehr verschiedene Farben, von denen besonders Braunroth und ein dunkles Grünlichgelb charakteristisch sind. Dieses Polarisationsverhalten

gestattet, den Pseudobrookit leicht vom ächten Brookit zu unterscheiden.

Chemisches Verhalten. Der Pseudobrookit besteht nach der Analyse des Herrn *Koch* aus 52,74% TiO_2, 42,29% Fe_2O_3 mit Spuren von Al_2O_3, 4,28% CaO und MgO und verliert beim Glühen 0,70% an seinem Gewicht. Es ist mir nicht gelungen, an dem Pseudobrookit vom Kreuzberg diese Zusammensetzung nachzuweisen, da es mir nicht möglich war, ihn von dem begleitenden Zirkon, Rutil und Picotit zu trennen. Doch habe ich gefunden, dass er von Salzsäure nicht und von Flusssäure nur wenig angegriffen wird.

Verbreitung. Am reichlichsten habe ich den Pseudobrookit in brauner Erde gefunden, welche auf dem Kreuzberg durch Verwitterung des festen, massigen, nicht porösen Nephelinbasaltes entsteht; seltener ist er in einem rothbraunen Basalttuff, und noch seltener beobachtete ich ihn im Schutt des Phonoliths vom Käuling.

Bildung. Die Bildung des Pseudobrookits scheint ähnlich wie die des Anatases in den zersetzten Porphyren und Basalten stattgefunden zu haben. Ich schliesse dies daraus, dass die Pseudobrookitkrystalle gegenüber dem gleichzeitig mitvorkommenden Zirkon und Rutil sehr scharf ausgebildet sind und in dem frischen Gesteine zu fehlen scheinen; wenigstens habe ich sie in einigen untersuchten Schliffen nicht finden können. Ausserdem sind die Krystalle an einem Ende abgebrochen und deshalb jedenfalls in kleinen Drusen gebildet worden. Da sie sich ferner in der Basalterde finden, welche sich heutzutage noch unter gewöhnlichen Witterungs-Verhältnissen aus dem festen Basalte bildet, so möchte ich glauben, dass sie auch gegenwärtig noch am Kreuzberge entstehen können und dass deshalb zur Erklärung ihrer Bildung. wenigstens in diesem Falle, die Annahme von Fumarolen unnöthig ist, wie dies *Koch*[1]) für den Pseudobrookit des Aranyer Berges annimmt.

Ueber die den Zirkon und Rutil begleitenden Mineralien.

Hier habe ich nur denjenigen Mineralien eine nähere Betrachtung gewidmet, welche sonst gewöhnlich zu den accessorischen gezählt werden und deren Verbreitung, besonders in

[1]) *A. Koch* in Tschermaks Min. u. petr. Mitth. 1878. S. 361.

den Sedimentärgesteinen bis jetzt nicht vollständig bekannt war. Da ich der Charakteristik dieser bereits Eingangs aufgezählten Mineralien nur wenig hinzuzufügen habe, so kann ich mich auch wesentlich auf die Schilderung dieser Verbreitung beschränken.

Die Feldspathe kennt man seit langer Zeit in weitester Verbreitung in den Sedimentärgesteinen; doch hat es mich gefreut, in dem kalkigsandigen Steinkern einer Helix von Aix auch noch Mikroklin entdecken zu können. Die Glimmer, besonders helle, sowie chloritische Körper sind ebenfalls in den Sedimentärgesteinen weit verbreitet. Dunkle Glimmer kommen besonders in den Keupersandsteinen häufig vor. Die Hornblende ist gegenüber ihrer weiten Verbreitung in den krystallinischen Gesteinen in den Sedimentärgesteinen selten, da sie durch die Atmosphärilien sehr leicht zersetzt wird. Den Augit fand ich reichlich in dem weissen Kalkschiefer mit Pupa nördlingensis Kl., welcher am Fuss des aus Nephelinbasalt bestehenden Höwenegg im Höhgau über Basalttuff lagert.

5. Turmalin.

Der Turmalin ist wegen seines auffallenden optischen Verhaltens ein sehr leicht erkennbares Mineral und deshalb nicht blos in den krystallinischen, sondern auch in den Sedimentärgesteinen bereits in weiter Verbreitung bekannt. *Sorby*[1]) benutzt das Vorkommen desselben in den Sanden sogar als Kriterium für die Abstammung derselben aus Graniten. Doch findet man den Turmalin auch sehr verbreitet in den Gneissen, Glimmerschiefern, Phylliten und Thonschiefern, so dass er auch aus diesen den Sedimentärgesteinen zugeführt werden konnte.

Im Allgemeinen habe ich gefunden, dass der Turmalin der Granite unter dem Mikroskop mit brauner und blauer Farbe durchsichtig ist, während der Turmalin der schiefrigen Gneisse, z. B. des Staurolith-Gneisses im Spessart, eine hellviolete Farbe zeigt, welche sich bei dichroskopischer Untersuchung in dunkelgrüngrau und grünbraun ändert. Der Turmalin der Quarzitschiefer, Phyllite und Thonschiefer zeigt dagegen wieder vorwiegend braune oder auch grünbraune und grüne Färbungen. Eine kurze Besprechung verdienen vielleicht die Einschlüsse im

---

[1]) *Sorby*, on the microscopical characters of sands and clays. The Monthley microscopical Journal 1877.

Turmalin. In den Quarzitschiefern des Spessarts fand ich viele kleine, branne Turmaline, welche reichlich schwarze Körnchen, Magneteisen oder Graphit, einschliessen. Die kleinen, meist sehr reichlich vorhandenen Turmaline des Spessarter Staurolith-Gneisses zeigen ohne Ausnahme in ihrer Mitte einen manchmal die Hälfte der Krystalle einnehmenden rundlichen Kern, welcher sich von der sonst klaren Masse nur durch eine leichte Trübung unterscheidet. Während aber der Turmalin sonst frei ist von Einschlüssen, enthält dieser Kern fast immer solche. Es sind dies farblose, theils rundliche, theils die äussere Form der Turmaline nachahmende, schwächer oder stärker lichtbrechende Körnchen und Kryställchen, welche meist parallel der Hauptaxe eingelagert sind und zum Theil dem Apatit oder Quarz, zum Theil dem Zirkon zugehören dürften. Ausser diesen findet man in dem Kern dieser Turmaline häufig noch kleine Körnchen von Magneteisen. Rutil habe ich in einem Turmalinkrystall aus einem Kohlensandstein von Asbignon im Canton Wallis in einem 0,06 mm langen Säulchen beobachtet.

Ausser in den obengenannten Gesteinen habe ich den Turmalin auch in mehreren Eruptivgesteinen gefunden, in denen er jedoch im Ganzen selten zu sein scheint. So fand ich ihn im Schutt der Aschaffite des Spessarts s., des Quarzporphyrs von Wagenberg bei Weinheim[1]) n. s., desselben Gesteins von Sailauf im Spessart h., des Dolerits vom Hopfenberg bei Schwarzenfels s. und des Basalts von Hasselbach bei Weilburg und vom Kreuzberg s., überall in braunen, im Dolerit von Schwarzenfels auch in blauen Sänlchen, an denen ich nur im Porphyr von Sailauf eine deutliche Endigung durch Rhomboëderflächen beobachten konnte.

In den Sedimentärgesteinen findet sich der Turmalin meist mehr oder weniger abgerollt, nicht selten aber auch in ganz scharfen, an beiden Enden ausgebildeten Krystallen, an denen aber nur selten Hemimorphismus zu beobachten ist. Gewöhnlich findet man ihn hier von sehr abweichendem Habitus und verschiedener Farbe nebeneinander, was auf die Abstammung des Sedimentärgesteins ans mehreren krystallinischen Gesteinen schliessen lässt. Bis jetzt war der Turmalin als Bestandtheil der Sedimentärgesteine nur aus Sandsteinen und Sanden bekannt;

---

[1]) Von hier wird er bereits von *Cohen* angegeben.

ich fand ihn aber auch in den Kalksteinen und Mergeln fast ebenso verbreitet wie den Zirkon, so z. B. in fast allen Kalksteinen und Mergeln der Trias bei Würzburg, in der weissen Schreibekreide der Champagne nnd selbst noch im lithographischen Schiefer von Solenhofen in einem 0,025 mm langen und 0,013 mm breiten Sänlchen.

Der Turmalin ist in den Ernptivgesteinen, Graniten, Gneissen, Glimmerschiefern, Phylliten und Thonschiefern jedenfalls bei der Bildung dieser Gesteine entstanden und nur die Vorkommnisse auf Klüften und in Drusen derselben sind später und vielleicht aus der Zersetzung der ersteren hervorgegangen. Auch im Cipollin von Saillon im Canton Wallis habe ich den Turmalin von so übereinstimmender Form und Farbe gefunden, dass ich ihn als Nenbildung in diesem Gestein betrachte. Dagegen kann ich ihn in den nichtkrystallinischen Sedimentärgesteinen nicht für neugebildet halten, wie dies von *Wichmann*[1]) geschieht, da er in diesen meist stark abgerollt ist.

6. Granat.

Der Granat ist in den krystallinischen Gesteinen, besonders in den Graniten, Gneissen, Glimmerschiefern und den diesen eingelagerten Gesteinen, sowie in vielen Eruptivgesteinen sehr verbreitet. In den letzteren habe ich ihn öfters gefunden, so z. B. im Prophyr von Sailauf und vom Wagenberg bei Weinheim, im Doleritschntt von Schwarzenfels und im Basalt vom Dammersfeld in der Rhön und von Hasselbach bei Weilburg. In den Sedimentärgesteinen ist er ebenso verbreitet wie der Turmalin, doch wechselt seine Menge ähnlich wie in den krystallinischen Gesteinen sehr beträchtlich; bald ist er nur in Spuren, bald in grosser Menge vorhanden. Er bildet stets farblose bis blassrothe, selten stärker gefärbte Körnchen, welche auch in den Sedimentärgesteinen sehr häufig noch scharfe Krystallflächen zeigen. Er schliesst öfters Quarz und an manchen Vorkommnissen (auch in den Sedimentärgesteinen) reichlich Rutil, seltener Zirkon ein. In den nichtkrystallinischen Sedimentärgesteinen ist er jedenfalls eingeschwemmt.

---

[1]) *Wichmann*, N. Jahrb. f. Min. 1880. II. S. 294; ferner in „Sammlungen des geologischen Reichs-Museums in Leyden", Bd. II. 1884. S. 83.

7. Staurolith.

Der Staurolith ist unter dem Mikroskop mit honigbranner Farbe durchsichtig, zeigt starken Pleochroismns nnd im polarisirten Lichte vorwiegend blaue und rothbrauue Interferenzfarben. Von Salzsäure wird er gar nicht und von Flnsssänre, wenn er nicht als sehr feines Pnlver vorliegt, fast ebensowenig angegriffen, so dass er sich aus den Schlämmrückständen zusammen mit Zirkon und Rutil leicht isoliren lässt. Der Staurolith findet sich in den krystallinischen Gesteinen weit weniger verbreitet, als Tnrmalin und Granat. Als Bestandtheil eines Pegmatits wurde er bis jetzt nur von *Brush* und *Dana* von Branchville in Connecticut angegeben. Ich fand ihn aber auch in dem Schutt des Granits von Steinbach bei Fürth im Odenwald, von der Windeck bei Weinheim nnd von Görlitz, an allen drei Orten aber nur als Seltenheit. Das Hauptverbreitungsgebiet des Stauroliths sind die oberen zweiglimmerigen schiefrigen Gneisse und Glimmerschiefer, in denen er, wie z. B. im Spessart. oft in grosser Menge enthalten ist. Da er den Härtegrad 7—7,5 besitzt und gegen die Atmosphärilien ziemlich widerstandsfähig ist [1]), so ist auch seine weite Verbreitung in den Sedimentärgesteinen möglich, in denen er bisher noch gar nicht nachgewiesen worden war. Die Verbreitung in den Sedimentärgesteinen ist jedoch sehr eigenthümlich, denn da der Staurolith in vielen Urgebirgsgebieten gänzlich fehlt, in anderen sehr häufig ist, so muss er auch in den daraus entstan-

---

[1]) Ich habe bei Glattbach im Spessart die Krystalle des Stanroliths öfters in eine weisse bis hellgrane, weiche Masse verwandelt gefnnden, welche vor dem Löthrohr leicht zn einem weissen blasigen Glase schmilzt nnd wesentlich aus Kali, Thonerde, Kieselsänre, Wasser nnd etwas Eisen besteht, also ein Pinitoid-Körper ist. Ein anderer Theil der Krystalle zeigte sich in ein Haufwerk kleiner weisser Kaliglimmerblättchen verwandelt, wie dies in ähnlicher Weise bereits von *Pichler* (N. Jahrb. f. Min. 1871. S. 55.) in Tyrol beobachtet worden ist. Die Umwandlung geht von Sprüngen oder von einem Ende der Krystalle aus nnd findet sich in allen Stadien vor. Es wird also wesentlich das Eisen, dessen Ueberreste die Masse oft noch rothbrann färben, ausgelangt nnd Wasser und Kali — aus verwittertem Feldspathe — zugeführt. Auf den Klüften nnd Sprüngen des Spessarter Stanroliths habe ich ferner sehr hänfig kleine gelbbraune, wasserhaltige Glimmerblättchen beobachtet, die obenfalls aus dem Stanrolith zn entstehen scheinen, wie dies von *Rosenbusch* (Mikroskop. Physiogr. d. Min. S. 251) auf mikroskopischem Wege bereits gefnnden wnrde.

denen Sedimentärgesteinen bald sehr häufig sein, bald gänzlich fehlen. Das ist denn auch wirklich der Fall, und ist der Staurolith mehr als irgend ein anderes Mineral geeignet, einen Schluss auf die Abstammung eines Sedimentärgesteines zu gestatten.

Bis jetzt fand ich den Staurolith in den Sedimentärgesteinen nur in kleinen rundlichen, selten bis 0,5 mm grossen Körnern, die auch im Staurolith-Gneiss des Spessarts sehr häufig sind, während die Krystalle in ihrer Grösse selten bis auf 0,1—0,3 mm herabsinken. Auch in den Sedimentärgesteinen zeigt er noch häufig Einschlüsse von Quarz und Magneteisen.

Besonders häufig fand ich den Staurolith in dem bekannten Kreidetuff von Mastricht, sowie in den Tertiärgesteinen des Pariser Beckens, nämlich im Grobkalk von Vaugirard und im untereocänen Meeressand von Châlons sur Vesle, selten im Meeressand von Bergh in Belgien. Sehr reichlich ist er in den Gesteinen der süddeutsch-schweizerischen Molasse enthalten. So fand ich ihn besonders häufig im Kalk mit Carinifex multiformis von Steinheim, in dem grünlichgrauen Sandstein der mittleren Kirchberger Schichten von Hüttisheim, in der kalkigen und grobsandigen Meeresmolasse von Zimmerholz bei Engen und nicht selten in dem Molassesandstein mit Pecten solarium von St. Gallen. Seltener ist er schon in der oberen sandigen Süsswassermolasse des Cantons Freiburg, sowie im Kalk des Valanginien von St. Croix. Es ist daher eine Strömung aus den Alpen zur Zeit der Bildung dieser Gesteine sehr wahrscheinlich.[1]) — Sehr häufig fand ich ihn wieder in bis 0,5 mm grossen Körnern eines grobsandigen kalkigen tertiären Sandsteins von Figanières in Dep. Var und in einem Steinkern einer grossen Helix von Aix, in beiden Fällen begleitet von sehr viel Granat.

In allen übrigen von mir untersuchten Sedimentärgesteinen hat sich der Staurolith bis jetzt nur in geringer Menge nachweisen lassen; doch ergaben sich auch hieraus schon sehr interessante Resultate. So fand ich ihn, wenn auch selten bis sehr selten, in fast allen Sedimentärgesteinen Schlesiens, im Zechstein, Buntsandstein, Muschelkalk und gar nicht so selten in fast allen untersuchten Kreidesandsteinen. Sehr interessant ist seine Verbreitung in Franken. Er fehlt nämlich in den Leberschiefern,

---

[1]) Vergl. *Sandberger* Land- und Süsswasser-Conchylien der Vorwelt S. 359 u. a. a. O.

im Buntsandstein und im Röth ebenso wie im Buntsandstein des Schwarzwalds und Odenwalds vollständig, tritt aber schon im Muschelkalk in allen Bänken auf, welche wieder reichlicher eingeschwemmtes Material enthalten, wie z. B. die Mergel mit Myophoria orbicularis und die Schieferthone in der Region der Myoph. vulgaris und in der des Ceratites nodosus. In der Lettenkohlengruppe ist er sehr verbreitet; selten im blauen Dolomit, in den Schieferthonen und im weissgrauen Anoplophoraschiefer, gar nicht selten aber in dem schwach sandigen Glaukonitkalk, sowie im Anoplophora und Lettenkohlenhauptsandstein. Im unteren und mittleren Keuper habe ich ihn dagegen nicht gefunden, auch im Schilfsandstein nicht; dagegen ist er nicht selten im Semionotus- und Stubensandstein, fehlt aber wieder gänzlich im Infraliassandstein. Im Sandstein des braunen Jura von Treuchtlingen ist er aber wieder deutlich enthalten. Es scheint also die Richtung der Strömungen, welche den Schutt älterer Gesteine in die der Trias und des Jura brachten, während dieser Periode eine recht verschiedene gewesen zu sein, wie dies auch schon aus anderen Gründen wahrscheinlich geworden ist. Auch die Verbreitung des Stauroliths in den pleistocänen und alluvialen Mainsanden ist von hohem Interesse Er ist nämlich in allen Mainsanden selten, welche oberhalb Aschaffenburg liegen. Von dieser Stadt an abwärts wird er aber durch Einschwemmungen aus dem an Staurolith reichen Urgebirge des Spessarts überall häufig, so dass ich ihn in den Sanden von Seligenstadt, Steinheim, Offenbach und Mosbach in verhältnissmässig grosser Menge gefunden habe. Auch der Löss zeigt dasselbe Verhalten; bei Würzburg enthält er nur Spuren, bei Hörstein und Wasserlos ziemlich beträchtliche Mengen von Staurolith. Auch der Turmalin scheint in den Sanden nnterhalb Aschaffenburg etwas reichlicher vorhanden zu sein, während Zirkon, Rutil und Granat eine Aenderung ihrer relativen Menge nicht bemerken lassen. Ganz ähnlich den Mainsanden verhalten sich die Sande der Kinzig, die hauptsächlich aus Buntsandstein entstehen und deshalb oberhalb Gelnhausen keinen Staurolith führen. Die Nähe des Spessarter Urgebirges scheint endlich auch die Ursache des Vorkommens von Staurolith in den Tertiärgesteinen des Mainzer Beckens zu sein. So fand ich ihn nicht selten im Septarienthon von Flörsheim, selten dagegen im Landschnecken- und Cerithienkalk von Hochheim und im Hydrobienkalk von Bieber bei Frankfnrt und Wiesbaden.

Als ein entfernteres Vorkommen kann ich das im Wüstensand der Saharah anführen, in welchem der Staurolith gar nicht selten ist.

Interessant ist ferner noch das Vorkommen seltener Staurolithkörnchen im Basalt von Naurod bei Wiesbaden, der durch seinen Reichthum an eingeschlossenen Urgebirgs-Gesteinen und Mineralien so bekannt geworden ist.[1]) Ich fand sie darin beim Zersetzen des Gesteins mit Salzsäure und Flusssäure in Begleitung von Picotit und seltenen Körnchen von Zirkon.

8. Glaukophan.

Den Glaukophan habe ich nur einigemale und stets als grosse Seltenheit beobachtet, nämlich im Schutt des Quarzporphyrs von Sailauf, des Granits von Görlitz und von Steinbach bei Fürth im Odenwald und im Staurolith-Gneiss von Steinbach bei Aschaffenburg; ferner im Turon-Mergel vom Hospitalberg bei Löwenberg und im Septarienthon von Flörsheim bei Frankfurt a/M. Sein starker Pleochroismus mit blauen und violeten Farben, seine säulenförmige Ausbildung und oft deutliche prismatische Spaltbarkeit lassen ihn leicht und sicher erkennen.

9. Picotit.

Das Vorkommen dieses Minerals in den Sedimentärgesteinen hat mich in hohem Grade überrascht, da es als Primitivgebilde nur auf wenige krystallinische Gesteine beschränkt zu sein scheint. In diesen findet es sich hauptsächlich in zwei Formen, nämlich theils in rundlichen Körnern und selteneren Krystallen, welche, wenn sie nicht zu dick sind, unter dem Mikroskop mit brauner Farbe durchscheinen, und theils in schwarzen Octaëdern, welche selbst an den dünnsten Stellen undurchsichtig bleiben. In der ersteren Form findet er sich besonders häufig in dem dem Urgebirge eingelagerten Olivinfels und in den Basalten; in der anderen fand ich ihn im Palaeopikrit von Wallenfels bei Dillenburg[2]) und in einem zersetzten Melaphyr von Treisa bei Darmstadt. Der Picotit ist leicht kenntlich durch seine Unlöslichkeit in Salzsäure und Flusssäure, seinen hohen Chromgehalt und bei

---

[1]) *Sandberger.* Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1883, S. 32 ff.

[2]) *Sandberger.* N. Jahrb. f. Min. 1866. S. 393.

der braundurchsichtigen Form dnrch einfache Lichtbrechung. In den Sedimentärgesteinen fand ich ihn bis jetzt nur in letzterer Form.

In sehr grosser Menge fand ich den Picotit bis jetzt nur in einem kalkigen feinkörnigen grünlichgranen Sandstein der Gosau-Schichten vom Mattekopf bei Imst in Tyrol in Begleitung von Zirkon, Rutil, Granat und seltenem Staurolith, so dass er sich mit Sänren leicht isoliren und in der Perle auf Chrom prüfen liess. Häufig fand ich ihn ferner in einem sandigen Septarienthon von Flörsheim, aus dem ich ihn ebenfalls isoliren und untersuchen konnte; seltener ist er dagegen im gewöhnlichen Septarienthon dieses Ortes. Höchst merkwürdig aber ist sein Vorkommen in der Lettenkohlengrnppe bei Würzburg, in der er, wenn auch selten, in allen Bänken enthalten ist. Ich vermochte ihn hier nicht mehr zn isoliren, da seine Menge zu gering ist, aber die braune Farbe, die einfache Lichtbrechung und seine Unlöslichkeit in Salzsänre und Flusssäure schienen mir genügend sichere Merkmale. Sonst habe ich ihn bis jetzt nicht weiter verbreitet gefunden.

10. Spinell.

Denselben fand ich in grünblauen und farblosen Octaëdern beim Auflösen nnd Schlämmen der körnigen Kalke von Schweinheim, Gailbach nnd Grünmorsbach im Spessart, begleitet von viel Phlogopit, etwas Zirkon und Rntil. In Sedimentärgesteinen habe ich ihn niemals gesehen. Dagegen fand ich im Phonolithtuff von Schackau in der Rhön ziemlich häufig dnrchsichtige, gelbe bis orangegelbe, stark lichtbrechende, scharf ausgebildete Octaëder, welche das Licht einfach brechen und in Sänren, auch in Flusssäure, unlöslich sind. Sie gehören einem Spinellkörper an, welchen Herr Prof. *Sandberger* als Rubicell [1]) bestimmte.

11. Magnetit.

Derselbe fehlt wohl in fast keinem krystallinischen Gesteine und ist auch in den meisten Sedimentärgesteinen enthalten, in denen er nicht selten noch scharfe Octaëder zeigt. In einigen Fällen habe ich ihn isolirt und Titansäure darin gefnnden.

---

[1]) *Dana*, System of Mineralogy V^the^ edition S. 147.

12. Zinnstein.

Derselbe findet sich in kaffeebraunen Körnern und Krystallen reichlich im Schutt des Lithionitgranites von Eibenstock in Sachsen und im Schutt desselben Gesteins am Rudolfstein und an der Farnleite bei Wunsiedel im Fichtelgebirge. In vielen schlesischen Sedimentärgesteinen, z. B. im Rothliegenden, im Muschelkalk und in den Kreide-Mergeln und -Sandsteinen der Gegend von Löwenberg, fand ich neben dem typischen Rutil von gelbbrauner und rothbrauner Farbe auch Körnchen und Krystalle, welche sich durch kaffeebraune Färbung und stärkeren Pleochroismus von diesem unterscheiden und dem Zinnstein ähnlicher sehen. Auch im Mainsand von Würzburg fand ich solche stark lichtbrechende braune Körnchen. Allein es gelang mir nicht, in dem Schlämmrückstande, in welchem diese Körnchen enthalten waren, auf chemischem Wege Zinn nachzuweisen, so dass ich sie nicht sicher als Zinnstein zu deuten vermag.

13. Apatit.

Apatit scheint in jedem krystallinischen Gesteine vorzukommen und ist auch in den Sedimentärgesteinen in rundlichen Körnern sowie abgerundeten Krystallen sehr verbreitet und besonders in solchen häufig, welche nicht sehr weit von ihrem Ursprungsorte entfernt liegen, wie z. B. Roth- und Weissliegendes. Aber auch in den pleistocänen und alluvialen Mainsanden und im Löss habe ich ihn mikroskopisch noch deutlich nachweisen können. Er ist leicht kenntlich an seinem Polarisationsverhalten und seiner Löslichkeit in verdünnten Säuren.

14. Axinit.

Dieses Mineral fand ich im Schutt des Granits von Görlitz [1]) in einem kleinen, stark lichtbrechenden, hell violeten, kaum pleochroitischen Krystall, welcher sehr scharfe Krystallflächen zeigte. Dieselben wären nach *Schrauf*'scher Aufstellung etwa zu deuten als r = ′P, vorherrschend, p = 0P, u = P′, ziemlich stark entwickelt, und l = ½P′, v = ∞P′, z = 2′P und x = ⅓′P, welche untergeordnet auftreten.

---

[1]) Derselbe wurde von Hrn. Dr. *Zeitzschel* gesammelt und an Hrn. Prof. *Sandberger* gesendet.

15. Kaliglimmer.

Da bereits oben der weiten Verbreitnng des Glimmers gedacht wurde, so möchte es auffallend scheinen, dass ich ihn hier noch speciell anführe. Es rührt dies daher, dass er auch in einer Form auftritt, an der die Natur des Glimmers nicht sofort erkennbar ist. Es sind dies nämlich hellgelbe, schwach pleochroitische, stark lichtbrechende Körnchen oder abgernndete Kryställchen von regelmässig rhombischer oder sechseckiger Gestalt, welche meist etwas tafelförmig entwickelt und klar, seltener trübe, aber öfters rissig sind. Dieselben hat, wie es scheint, anch *Klemm*[1]) beobachtet und als Titanit gedeutet, wofür auch ich sie zuerst gehalten habe. Allein es ist mir trotz mehrerer Versuche nicht gelnngen, darin Titansäure nachzuweisen, wohl aber fand ich Kali, Thonerde und Kieselsäure. Auch das Polarisationsverhalten weicht sehr von dem des Titanits ab, stimmt aber sehr gut mit dem des Kaliglimmers überein, mit welchem diese Körnchen wohl zn identificiren sind. Auch die sehr vollkommene basische Spaltbarkeit spricht für Glimmer.

Es findet sich diese Form des Kaliglimmers im Schutt der meisten krystallinischen Urgebirgsgesteine und auch der Porphyre, ferner in fast allen Sandsteinen nnd auch noch in den Mergeln und Kalksteinen, in diesen aber nicht neugebildet, sondern auf secundärer Lagerstätte.

16.

Ausser diesen hellgelben Körnchen von Kaliglimmer findet man im Schntt der Granite und Gneisse, oft ziemlich reichlich vorhanden, gelbe Körner, welche stets muschelige Flächen, niemals Krystallform besitzen, viele Ecken zeigen und das Licht einfach brechen. Sie werden von Salzsäure nicht, von Flusssäure ziemlich stark angegriffen. Welchem Minerale sie angehören, vermag ich nicht zu sagen. Man findet auf den Klüften der krystallinischen Gesteine zwar häufig gelben und orangegelben Granat, mit dem sie einige Aehnlichkeit haben, aber sie zeigen niemals Krystallflächen, wie es bei diesem der Fall ist. Ich fand diese gelben Körnchen auch als Seltenheit in den Sedimentärgesteinen, z. B. in den Mergeln mit Myophoria vulgaris und in denen mit Ceratites nodosus, in den Ostracodenthonen und im Lettenkohlensandstein von Würzburg.

[1]) *Klemm.* Ueber psammitische Gesteine, Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. 1882. S. 780.

II. Theil.

Beschreibung der einzelnen Vorkommnisse des Anatases und Brookits.

Wie schon früher erwähnt, sind die beiden Mineralien in den Gesteinen, in welchen sie vorkommen, theils neu gebildet worden, theils stammen sie aus anderen Gesteinen und wurden durch fliessendes Wasser an ihren jetzigen Ort gebracht. Man kann die Vorkommen der beiden Mineralien deshalb eintheilen in solche, welche sie auf primärer, und in solche, welche sie auf secundärer Lagerstätte enthalten. Das meiste Interesse bieten natürlich die ersteren, da sie die Mineralien meist schön erhalten zeigen und die chemischen Vorgänge in den Gesteinen am besten erkennen lassen. Da ferner der Anatas auf primärer Lagerstätte viel verbreiteter ist als der Brookit und sich in verschiedenen Typen entwickelt zeigt, so habe ich bei der Schilderung seiner Vorkommen dieselben auch nach diesen Typen getrennt, den Brookit dagegen, soweit er mit dem Anatas zusammen vorkommt, bei diesem besprochen und nur die Vorkommen, welche nur neu gebildeten Brookit enthalten, wieder in eine Gruppe zusammengestellt. In allen den Fällen dagegen, wo ich über die Neubildung der beiden Mineralien im Zweifel war, habe ich das betreffende Vorkommen zu denen gestellt, welche sie auf secundärer Lagerstätte enthalten.

A. Vorkommen von Anatas und Brookit auf primärer Lagerstätte.

I. Vorkommen der Anatase vom Typus P.oP.

Granite.

Von den von mir untersuchten 18 Granitschuttproben enthielten 13 Anatase dieses Typus.

1. Granit von Steinbach bei Fürth im Odenwald: Anatas n. s., theils rein P ohne 0P in hellgelben bis gelbbraunen Krystallen, theils in dünneren oder dickeren Tafeln 0P.P, bis 0,15 mm gross; Brookit s., dünne, stark gestreifte Tafeln mit $\infty\breve{P}\infty$, $\breve{P}2$, ∞P, selten $2\breve{P}\infty$, gelb, bis 0,15 mm gross; Zirkon hh.; Rutil s.; Turmalin s.; Magnetit hh.; Apatit hh.; Granat n. s.; Epidot s.; Staurolith n. s.

2. Granit von der Windeck bei Weinheim: Anatas s., farblose, hellgelbe und hellblaue dünne Tafeln; Brookit ss., schlecht erhalten; Zirkon hh.; Rutil n. s.; Turmalin s.; Staurolith s.; Granat n. s.; Epidot s.; Apatit h.
3. Granit von Ilmenau: Anatas ss., dünne, farblose und hellgelbe, nur bis 0,07mm grosse Tafeln; Zirkon hh., $\infty P\infty$, ∞P, P vorherrschend, meist kurz säulenförmig, stark zonal gestreift; Magnetit h.; Granat h.; Titanit h.; Apatit hh.
4. Regengranit von Wörth: Anatas n. s., dünne und dickere Tafeln, farblos, hellgelb und hellblau; Zirkon hh., meist $\infty P\infty . 3P3 . P$; Apatit hh.
5. Lithionitgranit von Eibenstock in Sachsen: Anatas s., dünne hellgelbe, bis 0,15 mm grosse Tafeln; Zirkon h., meist abgerundet; Zinnstein hh., schöne Krystalle mit ∞P, $\infty P\infty$, P und $P\infty$, Zwillinge parallel $P\infty$ häufig; Topas hh.; Turmalin s., braun und blau; Hornblende s.; Magnetit h.; Apatit h.; Flussspath oft hh.
6. Granit vom Rudolfstein im Fichtelgebirge: Anatas s., trübe hellbraune Tafeln, voll Risse und Sprünge; Zirkon hh.; Rutil s.; Turmalin s.; Apatit h.; Bergkrystalle h.
7. Granit von Görlitz: Anatas n. s., hellgelbe und hellblaue, dünne oder dickere Tafeln, oder auch sehr seltene kleine Krystalle des Typus $\frac{1}{n}P\infty . P$; Zirkon hh., gewöhnlich $\infty P\infty . \infty P . P$, selten mit 3P3.; Rutil h.; Granat h.; Turmalin s.; Axinit ss.; Zinnstein s. (?).
8. Granit vom Holdersbachthal bei Schapbach im Schwarzwald: Anatas s., dicke gelbe Tafeln; Zirkon h., vorwiegend $\infty P\infty . P$ mit untergeordnetem ∞P und 3P3; Rutil s.; Hornblende h.; Granat h.; Apatit h.
9. Granit von der ersten Schwellung bei Reichenbach.
10. Granit vom untern Reichenbachthal und
11. Granit zwischen Klösterle und Wasserfall, alle drei aus dem gleichen Granitgebiet der Umgegend von Rippoldsau im Schwarzwald, zeigen auch im Vorkommen des Anatases und Brookits grosse Uebereinstimmung. Anatas h., vorwiegend in hellgelben bis orangegelben, aber auch blauen bis 0,20mm grossen Pyramiden, welche nur selten eine Abstumpfung durch 0P zeigen, selten in hellgelben bis braunen dünnen Tafeln; Brookit h., besonders häufig bei

der ersten Schwellung bei Reichenbach, bildet dünne und dickere gelbe Tafeln mit $\infty\breve{P}\infty$, ∞P, $\breve{P}2$, seltener mit 0P und $2\breve{P}\infty$, aber diese dann auch stark entwickelt. Es ist dies eines der schönsten Brookitvorkommen, zumal die meist sehr scharf ausgebildeten Tafeln bis 0.27 mm gross werden. Fig. 23 zeigt einen Krystall aus dem Granitschutt vom Klösterle, 0,16 mm gross. Zirkon hh. in schönen, scharfen Krystallen; Rutil meist h.; Turmalin n. s. bis h.; Apatit h.

12. Granitschutt vom Burgfelsen bei Wittichen: Anatas h., vorwiegend in farblosen bis grünblauen Tafeln mit untergeordnetem $P\infty$, selten als rein blassgelbe, bis 0,15 mm grosse Pyramiden; Brookit ss., ein schöner, innen fast farbloser, gegen 0P zu hellgrüner Krystall der Form $\infty\breve{P}\infty$, ∞P mit stark entwickeltem 0P und untergeordnetem $2\breve{P}\infty$; Zirkon hh. bis 0,35 mm. gross; Rutil n. s.; Turmalin s.; Apatit s.
13. Feinkörniger Ganggranit von der Heimenhöhe an der Kniebisstrasse bei Rippoldsau im Schwarzwald: Anatas s., dicke grünblaue Tafeln; Zirkon hh.; Rutil n. h.; Turmalin n. s.

Gneisse und Glimmerschiefer.

Von diesen wurden hauptsächlich die Gesteine des Spessarts, sowie mehrere Gneisse des Schwarzwalds und des Fichtelgebirges untersucht, aber nur in den ersteren wurde Anatas beobachtet, in 6 verschiedenen Gneissschuttproben aus der Gegend von Wunsiedel dagegen kein Anatas gefunden.

14. Schiefriger Gneiss von Schapbach im Schwarzwald, nahe dem Gasthaus zum Ochsen: Anatas n. s., theils farblose, bis 0,15 mm grosse Tafeln der Form 0P.P, theils gelbe, bis 0,1 mm grosse Krystalle $\frac{1}{\infty}P\infty.P$, öfters mit $P\infty$; Zirkon hh., meist abgerundet; Rutil n. s.; Granat s.; Staurolith s.; Magnetit hh.
15. Körniger Gneiss vom Pavillon bei Wolfach: Anatas n. s., dicke, gelbe bis orangegelbe Tafeln oder abgestumpfte Pyramiden, untergeordnet mit $P\infty$; Zirkon hh.; Rutil n. s.; Granat hh., sehr oft mit Einschlüssen von Rutil.

16. Feinkörniger Gneiss gegenüber der Kirche von Rippoldsau: Anatas s., farblose und blaue Tafeln, auch mit P∞; Brookit ss., eine 0,7 mm grosse gelbe Tafel mit ∞P̆∞, ∞P und P̆2; Zirkon hh., meist abgerundet; Rutil hh.; Granat h.
17. Grobschiefriger, glimmerreicher Gneiss von Reichenbach bei Rippoldsau im Schwarzwald: Anatas ss., blassgelbe Tafeln; Zirkon hh.; Rutil h.; Granat h.
18. Hornblendegneiss von Ahlersbach im Odenwald, Ausschwemmungen mit Magneteisen: Anatas ss., blassgelbe Tafeln; Zirkon hh., meist ∞P. P. 3P3, fast stets concentrisch gestreift; Rutil s.; Titanit h.
19. Gneiss vom Binnenthal in der Schweiz. Hier habe ich versucht, in ähnlicher Weise. wie dies *Diller* am Schalstein des Feilitzschholzes bei Hof gelungen ist, auch den Anatas noch in dem zersetzten Gestein nachzuweisen, auf dessen Klüften er so häufig ist. Ich fand ihn aber nur in wenigen Kryställchen, begleitet von Zirkon hh., Rutil hh. und Titanit hh.

Spessart-Gesteine.

In den krystallinischen Schiefergesteinen des Spessarts habe ich den Anatas bis jetzt nur in Krystallen des ersten Typus gefunden. Der Brookit kommt neben diesem nur in der nördlichen Zone vor.

20. Im Schutt des Glimmerdiorits der südlichen Zone findet man den Anatas fast an jedem Orte und wohl in den meisten Fällen aus Titanit entstanden, da dieser im Gestein sehr häufig, in dem starkverwitterten Schutt dagegen selten ist. Am reichlichsten fand ich ihn bei Soden in meist sehr verzerrten trüben hellbraunen und blaugrauen, bis 0.15 mm grossen Tafeln, selten in klaren scharfen Krystallen. Seltener, aber besser erhalten fand ich ihn bei Oberbessenbach, Gailbach und Keilberg. Der Glimmerdiorit enthält ausserdem überall Zirkon hh., in bis 0,4 mm grossen, abgerundeten und scharfausgebildeten Krystallen der Form ∞P.P.∞P∞.3P3 mit starker zonaler Streifung; Apatit hh.; Titanit hh.; Orthit hh.; Rutil ss. oder fehlend.
21. Körniger Gneiss vom Kirschlingsgraben bei Oberbessenbach: Anatas ss., blassgelbe Tafel; Zirkon hh.; Rutil s.

22. In einer Pinitoidmasse am Rand des körnigen Kalks von Gailbach fand ich nach dem Zersetzen desselben mit Salzsäure und Schlämmen den Anatas hh. in 0,01—0,1 mm grossen, dünnen, farblosen, stark verzerrten Tafeln (Fig. 13), begleitet von vielen kleinen runden Zirkonkörnern.
23. In dem zersetzten, schwarzglimmerigen, körnigstreifigen Gneiss der Haibacher Zone fand ich den Anatas in 2 von 6 untersuchten Proben, nämlich am Haibacher Kreuz in seltenen hellgelben, und bei der Eckertsmühle bei Schweinheim in ebenfalls seltenen hellbraunen Tafeln. Dieser Gneiss enthielt überall Zirkon hh. der Form $\infty P\infty . P$ mit untergeordnetem $\infty P . 3P3$ (Fig. 3) und feiner concentrischer Streifung; Rutil h., s. oder ganz fehlend; Granat, an einzelnen Orten h.; Magnetit hh.; Apatit h. bis hh.; Turmalin s.
24. In den zweiglimmerigen körnigflaserigen Gneissen der Goldbacher Zone fand ich den Anatas sehr häufig in einem aus diesem Gesteine entstandenen Lehm bei Hösbach. Er bildet darin meist ziemlich dicke, klare, hellgelbe, gelbe, gelbbraune, hellblaue und grünblaue, 0,05—0,20 mm grosse Tafeln. Das Gestein enthält ferner Zirkon hh., $\infty P\infty . P$, aber meist abgerundet; Rutil h.; Staurolith s.; Turmalin s. oder fehlend; Magnetit hh.; Apatit h.; Epidot oft hh.
25. Die nächste Gneisszone des Spessarts, der zweiglimmerige glimmerreiche Gneiss, den man wegen seines nie fehlenden grossen Staurolithgehaltes zweckmässig als Staurolith-Gneiss bezeichnen kann, enthält in seinem Schutt den Anatas schon viel seltener; ich fand ihn nur in 8 von 49 untersuchten Proben. Am schönsten erhielt ich ihn beim Schlämmen eines etwas feldspathreichen, stark zersetzten Gneisses aus dem Hohlwege hinter der Kirche von Glattbach, begleitet von neugebildeten Bergkrystallen. Die tafelförmigen Krystalle sind hier bei einer Grösse bis zu 0,3 mm völlig klar, farblos und sehr regelmässig rechteckig ausgebildet und zeigen ausser vorherrschendem 0P und P noch öfters die Flächen von $P\infty$, $\frac{1}{\infty}P$ und $\frac{1}{\infty}P\infty$. Ein zweites, schönes Vorkommen liegt in einer aus einer Feldspathlinse dieses Gneisses entstandenen Pinitoidmasse und zeigt himmelblaue, bis 0,2 mm grosse Tafeln, welche durch eine sehr starke Combinationsstreifung auf P und 0P

meist etwas abgerundet erscheinen, aber hie und da doch noch die Flächen $P\infty$ und $\frac{1}{m}P$ erkennen lassen. Der Staurolithgneiss enthält fast überall Zirkon hh., fast stets abgerundet und selten über 0,2 mm gross; Rutil hh., selten fehlend, aber oft über den Zirkon vorherrschend; Staurolith hh., in bis 3 cm grossen Krystallen mit grossem Quarzgehalt, stets die Form $\infty P.\breve{P}\infty . \infty\breve{P}\infty . 0P$ zeigend, nicht selten in schiefen Zwillingen nach $\frac{3}{2}\breve{P}\frac{3}{2}$, sehr selten in kreuzförmigen Zwillingen; Turmalin hh.; Granat oft hh.; Magnet- und Titaneisen hh.; Apatit h.

26. Im Gebiete des Quarzit- und Glimmerschiefers fand ich den Anatas in 6 von 12 untersuchten Proben.

Quarzitglimmerschiefer von der Stempelhöhe bei Hemsbach: Anatas s., gelbe Tafeln oder Pyramiden; Brookit s., blassbraune, schlecht erhaltene, meist unregelmässig umrandete Tafeln.

Weinbergsboden von Hörstein, aus Quarzitschiefer und Glimmerschiefer entstanden: Anatas hh., farblose bis gelbe, dünnere und dickere Tafeln.

Quarzitglimmerschiefer vom Angelsberg bei Hemsbach: Anatas s., gelbbraune, meist zerbrochene Tafeln.

Quarzitschiefer vom Molkenberg: Anatas s., farblose Tafeln; Brookit n. s., farblose bis hellgelbe, unregelmässig umrandete Tafeln.

Quarzitchromglimmerschiefer von Huckelheim, festes Gestein: Anatas ss., blassbraune Tafeln; Brookit h., bis 0,08 mm grosse Tafeln, gelb, oft ausser $\infty\breve{P}\infty$ noch $\breve{P}2$ und ∞P zeigend, sonst wenig schön.

Glimmerschiefer von Omersbach: Anatas ss., eine kleine schwach braune Tafel.

Die Quarzitschiefer und Quarzitglimmerschiefer enthalten ausserdem: Zirkon hh., fast stets nur runde Körner; Rutil hh.; Turmalin h., meist braun; Granat hh.; Staurolith oft noch h.; Magnetit hh.; Apatit meist s. Auffallend ist das reichliche und häufige Vorkommen des Brookits im Schutt und Lehm des Quarzitglimmerschiefers, da er sonst im Urgebirge des Spessarts fehlt.

27. Im jüngsten, nördlichsten Gneiss des Spessarts fand ich den Anatas nur in einer von 4 untersuchten Proben, näm-

lich im Schntt eines Graphit führenden Gneisses von Lützelhausen bei Gelnhausen in wenigen gelben bis gelbbraunen Tafeln. Diese jüngsten Gneisse enthalten ausserdem meist viel Granat und Apatit, Zirkon meist häufig, Rutil selten, während Staurolith und Turmalin zu fehlen scheinen.

Silurische Gesteine.

28. Fucoidensandstein mit Eophyton Linnaeanum von Westgothland, fester hellgrauer, feinkörniger Sandstein: Anatas h., schöne farblose bis blassgelbe Tafeln, hie und da mit $\frac{1}{m}$P, bis 0,11mm gross; Zirkon hh., immer abgernndet; Rutil h., Tnrmalin h., Staurolith s., Bergkrystalle h.

Gesteine der Kohlenformation.

29. Granwacke von Ziegelkrug bei Clausthal, brauner, feldspathreicher, feinkörniger Sandstein mit kleinen Geröllen: Anatas n. s., blassgelbe bis stark gelb gefärbte, dünne und dickere Tafeln; Zirkon hh., meist abgerundet; Rutil s.; Turmalin s.; Kaliglimmer s.
30. Kohlensandstein von Flöha bei Chemnitz, hellgrauer, glimmer- und feldspathreicher Sandstein: Anatas n. s., dünne, oft mit einander verwachsene blassgelbe Tafeln, die Fläche 0P oft mit Combinationsstreifen parallel P; Zirkon h.; Rutil hh., bis 0,5mm gross, nicht selten in gnten Krystallen der Form ∞P.P mit untergeordnetem ∞P∞; Granat hh., oft noch mit Krystallflächen, aber ohne Rutileinschlüsse; Bergkrystalle hh.

Dyas-Gesteine.

31. Mittleres Rothliegendes von Asbach bei Schmalkalden, hellrother feldspathreicher Sandstein: Anatas hh. Schon mit der Lupe lassen sich am Gestein kleine, dunkle, diamantglänzende Kryställchen erkennen, welche unter dem Mikroskop sämmtlich mit hellblauer bis dunkelblauer Farbe durchsichtig sind. Die Tafeln sind sämmtlich sehr regelmässig quadratisch ausgebildet und zeigen ausser 0P und P nicht selten noch P∞; sie werden 0,05—0,25mm gross und bis 0,15mm dick. Zirkon s.; Rntil ss.; Bergkrystalle h.

32. Rothliegendes von Rossdorf bei Darmstadt, feinkörnige Arkose: Anatas hh., hellblaue, selten gelbe, scharf ausgebildete klare Tafeln, welche fast immer noch P∞ zeigen, bis 0,15mm gross und 0,04mm dick; Zirkon hh., besonders in der in den krystallinischen Gesteinen des Odenwalds verbreiteten Form ∞P.P.3P3, bis 0,4mm gross; Rutil h., Granat h.; Magnetit hh.; Turmalin s.
33. Rothliegendes von Altenmittlau bei Gelnhausen, rothes, thoniges, lockeres Conglomerat: Anatas hh., farblose, blassbraune nnd blane, trübe und meist wenig schön ausgebildete, aber nicht abgerollte Tafeln, bis 0,18mm gross; Zirkon hh.; Rutil hh.; Turmalin h.; Granat s.; Staurolith fehlt.
34. Weissliegendes von Bieber in Hessen, feinkörniger, weisser, kaolinreicher Sandstein, viel Eisenkies enthaltend: Anatas hh., durchweg schön blaue, klare, sehr regelmässig entwickelte Tafeln, meist noch mit P∞, bis 0,12mm gross und 0,045mm dick; Zirkon h., meist abgerundet; Rutil n. h.; Turmalin s.; Bergkrystalle h.
35. Weissliegendes von Altenmittlau, grobkörniger Sandstein: Anatas h., schwach bräunliche, seltener blaue, meist trübe Tafeln, welche hie und da ausser 0P.P noch P∞, $\frac{1}{m}$P nnd $\frac{1}{m}$P∞ zeigen; Zirkon hh., meist abgerundet; Rutil h.; Turmalin n. s.; Apatit hh.; Kaliglimmer n. s.; Bergkrystalle n. s.
36. Zechstein-Dolomit von Nieder-Görisseiffen in Schlesien, weisser, aschenartig zerfallender Dolomit: Anatas n. s., hellbranne oder hellblaue dicke Tafeln nnd abgestumpfte Pyramiden, selten mit $\frac{1}{m}$P∞, bis 0,07mm gross; Zirkon h.; Rutil n. h.; Granat n. s.

Trias-Gesteine.

37. Unterer Leberschiefer vom Wolfszahn bei Keilberg im Spessart, besteht wesentlich aus Glimmerdioritschutt: Anatas hh., schöne klare, hellgelbe, dünne und dickere Tafeln, nicht selten mehrere mit einander verwachsen.
38. Tigersandstein vom Holdersbachthale bei Schapbach (im Schwarzwald), brauner Waldboden: Anatas h., vorwiegend Pyramiden, gelb, meist trüb, bis 0,2mm gross, seltener gelbe oder hellblaue dicke Tafeln; Brookit n. s., gelbe

Tafeln, ausser $\infty\breve{P}\infty$ noch ∞P, $\breve{P}2$ und $0P$ zeigend; Zirkon hh.; Rutil h., Granat hh.; Turmalin s.; Hornblende hh.; Magnetit hh.; Kaliglimmer h.; Bergkrystalle h.

39. Tigersandstein von Rippoldsau, weisser, drusiger, schwarzfleckiger Sandstein: Anatas n. s., dicke gelbe Tafeln und abgestumpfte Pyramiden, höchstens 0,04 mm gross; Zirkon hh.; Rutil s.; Turmalin n. s.; Kaliglimmer h.; Bergkrystalle h.
40. Conglomerat des Vogesensandsteins vom schwarzen Bruch bei Schapbach, rother feinkörniger Sandstein mit zahlreichen grösseren Geröllen: Anatas h., meist trübe, hellgelbe und hellblaue Tafeln; Zirkon hh.; Rutil s.; Turmalin s.; Bergkrystalle hh.
41. Kieselsandstein von Sommerberg bei Rippoldsau, Waldboden: Anatas n. h., hellgelbe und hellblaue, meist dicke und trübe Tafeln; Zirkon hh.; Rutil h.; Magnetit hh.; Turmalin n. s.; Bergkrystalle hh.
42. Unterer Buntsandstein von Weschnitz im Odenwald, feinkörniger, hellrother, kaolinreicher Sandstein: Anatas s., farblose bis hellblaue, klare Tafeln; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin h.
43. Unterer Buntsandstein von Vormwald im Spessart, wie Nr. 42: Anatas h., zeigt hier die beiden Typen, aber $0P.P$ ist in gelben und hellblauen Tafeln mit seltenem $P\infty$ häufiger, bis 0,15 mm gross. Die Krystalle des Typus $\frac{1}{m}P\infty.P$ sind seltener, braungrau und jedenfalls auch neu gebildet. Brookit ist s. in gelben, schlecht erhaltenen Tafeln, so dass mir seine Neubildung zweifelhaft ist. Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin h.; Magnetit hh.; Granat s; Kaliglimmer s.
44. Kieselsandstein von Brückenau, weisser Sandstein: Anatas h., schwach gelbbraune, 0,03 – 0,13 mm grosse Tafeln, welche ausser $0P$ und P an den Ecken sehr häufig noch $\frac{1}{m}P\infty$ untergeordnet zeigen (vergl. Fig. 19); Zirkon h.; Rutil nicht gesehen; Turmalin s.; Kaliglimmer h.; Bergkrystalle h.
45. Oberer Buntsandstein vom Silberhof in der Rhön, mittelkörniger, sehr lockerer Sandstein: Anatas h., gelbe, selten blaue, öfters trübe Tafeln, hie und da auch mit $P\infty$; Zirkon hh.; Rutil s.; Bergkrystalle hh.

46. Buntsandstein von Liebhardts in der Rhön, hellrother, fester Sandstein: Anatas n. s., blaue, seltener bräunliche Tafeln; Zirkon h.; Rutil s.; Turmalin n. s.; Apatit n. s.; Bergkrystalle h.
47. Buntsandstein von St. Loretto bei Freiburg im Breisgau, hellrother, feinkörniger Sandstein: Anatas h., farblose und hellblaue, selten gelbe Tafeln, 0,05 bis 0,20 mm gross und an den Ecken nicht selten $\frac{1}{m}P\infty$ zeigend (wie in Fig. 19); Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin h.; Magnetit h.
48. Buntsandstein von Löwenberg in Schlesien: Anatas n. s., schwach braune, trübe, meist sehr verzerrte Tafeln; Zirkon hh.; Rutil hh.; Turmalin s.; Kaliglimmer n. s.
49. Buntsandstein von Plagwitz bei Löwenberg in Schlesien. Von diesem Orte habe ich zwei verschiedene Buntsandsteine untersucht, nämlich einen gelben, ziemlich grobkörnigen und einen rothen, feinkörnigen, thonigen Sandstein; beide enthalten Anatas häufig in bis 0,2mm grossen, klaren und scharf ausgebildeten Tafeln von blauer bis grünblauer, öfters mit Gelb wechselnder Färbung, an denen 0P und P vorherrschend, $P\infty$ untergeordnet entwickelt ist und an denen nicht selten eine Doppelpyramide, mPn, selten aber eine zweite, sowie $\frac{1}{m}P$ und $\frac{1}{m}P\infty$ auftreten (siehe Fig. 15). Zirkon hh.; Rutil hh.; Turmalin h.; Staurolith s.; Granat s.
50. Röthdolomit von Bougères in den Vogesen, brauner, sehr lockerkörniger, sandiger Dolomit voll Myophoria vulgaris: Anatas hh., dicke Tafeln oder abgestumpfte, selten reine Pyramiden, gelb, seltener farblos und hellblau, meist sehr scharf und klar ausgebildet. Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin h.; Staurolith s.; Bergkrystalle h.
51. Sandiger Dolomit aus dem Röth von Zweibrücken, feinkörniger, hellgrünlichgrauer oder gelblicher Sandstein: Anatas h., dünnere und dickere, farblose, klare Tafeln, bis 0,13mm gross; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin n. s.; Granat n. s., mit Krystallflächen; Apatit h. und gross; Kaliglimmer hh.
52. Kalkstein der unteren Encrinitenbank von Zell bei Würzburg: Anatas h., abgestumpfte Pyramiden mit vorherrschendem P, aber nie fehlendem 0P, selten mit $P\infty$, hellblau bis tiefblau, bis 0,1 mm gross; Zirkon h., höchstens bis 0,1 mm gross; Rutil s.; Turmalin s.; Bergkrystalle hh.

53. Trigonoduskalk von den Häugler Höfen bei Heidingsfeld unweit Würzburg. Von 4 untersuchten Gesteinsstücken enthielt nur eines neugebildeten Anatas, dieses aber hh. in abgestumpften Pyramiden und dicken Tafeln mit seltenem P∞; scharfe, klare, hellblaue, blaue und grünblaue Krystalle. Zirkon h., klein; Rutil s.; Turmalin s.; Staurolith s.; Bergkrystalle hh.
54. Blauer Dolomit der Lettenkohlengruppe vom Fauleu Berg bei Würzburg, drusiger, dunkelblaugrauer, kalkiger Dolomit. Von 6 untersuchteu Stücken euthielteu nur 2 reichlich Anatas, die übrigen gar keiueu. Anatas h., dicke Tafeln oder abgestumpfte, selten reine Pyramiden, hellblau bis stahlblau, klar und scharf ausgebildet; Zirkon h.; Rutil u. s.; Turmaliu n. s.; Picotit s.; Bergkrystalle h.
55. Anoplophorasandsteiu vom Rothen Kreuz bei Würzburg, geschlämmter Schutt: Anatas s., farblose bis hellgelbe und hellblaue, klare, scharfe Tafeln; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin s.; Granat h.; Staurolith n. s.; Magnetit hh.; Picotit s.; Kaliglimmer h.
56. Letteukohlenhauptsandstein vom Faulen Berg bei Würzburg, geschlämmter Schutt: Anatas h., meist dicke Tafeln und reine Pyramiden (vgl. Fig. 11), farblos, gelb, orangegelb und hellblau, 0,05—0,15mm gross; Brookit ss., gelbe, abgerollte Tafeln mit ∞P∞, ∞P und 0P; Zirkou hh.; Rutil h.; Turmalin h.; Granat h.; Staurolith n. s.; Picotit s.; Apatit s.; Magnetit hh.; Kaliglimmer h.
57. Lehrberger Schicht von Rüdisbronn bei Windsheim, weisser, dolomitischer, drusiger Steinmergel: Anatas u. s., farblose und hellgelbe, seltener hellblaue, scharf ausgebildete Pyramideu, häufig durch 0P abgestumpft, bis 0,11 mm gross. Zirkon hh.; Granat hh.; Rutil u. h.; Turmalin u. h.; Kaliglimmer hh.; Magnetit hh.
58. Semionotussandstein von Jobstgreuth bei Windsheim, weisser, kaolinreicher, schwach dolomitischer, lockerer Sandstein: Anatas hh. in prächtigen hellblauen, völlig klar uud scharf ausgebildeteu Tafeln von 0,05—0,20 mm Grösse und 0,01—0,04mm Dicke; häufig zu Krystallgruppen verwachsen. Selten siud hellgelbe Tafelu und abgerollte, gelbe Pyramiden. Brookit ss., gelbe, abgerollte Tafel mit ∞$\bar{P}$∞,

$\breve{P}2$, $2\breve{P}\infty$, 0P und ∞P. Zirkon hh.; Rutil h.; Staurolith s.; Turmalin s.; Granat hh., fast stets mit Krystallflächen und oft mit Rutileinschlüssen; Magnetit hh.; Apatit s.; Kaliglimmer hh.; Bergkrystalle hh.

59. Semionotussandstein von Ipsheim bei Windsheim, geschlämmter Schutt: Anatas n. s., hellblaue Tafeln und Pyramiden und abgerollte breite gelbe Tafeln. Sonst wie Nr. 58.

60. Stubensandstein von Burgpreppach; Gestein wie Nr. 58: Anatas n. s., farblose bis hellblaue, scharf ausgebildete, klare Tafeln. Daneben kamen sehr selten auch hellblaue, abgerollt aussehende Krystalle des Typus $\frac{1}{m}P\infty.P$ mit untergeordnetem $P\infty$ vor. Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin s.; Granat n. h.; Magnetit h.; Kaliglimmer hh.; Apatit s.; Bergkrystalle h.

61. Stubensandstein von Baunach in Unterfranken, grobkörniger, kaolinreicher Sandstein: Anatas h., vorwiegend in himmelblauen, selten farblosen, klaren und scharf ausgebildeten Krystallen des Typus 0P. P, selten in abgerollten Krystallen des Typus $\frac{1}{m}P\infty.P$. Sonst wie Nr. 60.

62. Stubensandstein aus der Oberpfalz, grobkörniger, sehr kaolinreicher, lockerer Sandstein: Anatas n. s., blaue, scharf ausgebildete, öfters zu Gruppen verwachsene Tafeln, selten in gelben, trüben, abgerollt aussehenden Tafeln und Pyramiden.

Infraliassandsteine.

63. Infraliassandstein von Strullendorf bei Bamberg, hellbrauner, kaolinreicher, lockerer Sandstein: Anatas s., gelbe, scharf ausgebildete, bis 0,14 mm grosse Pyramiden; Zirkon hh.; Rutil h.; Granat s.; Turmalin s.; Bergkrystalle h.; Magnetit hh.; Kaliglimmer hh.

64. Infraliassandstein von Hör in Schweden, hellbrauner Sandstein: Anatas s., hellblaue dünne Tafeln, sehr selten hellgelbe Pyramiden; Zirkon hh.; Rutil s.; Granat s.; Magnetit hh.; Bergkrystalle h.

65. Infraliassandstein mit Ostrea Hisingeri Nils. von Kulla-Gunarstorp in Schweden, brauner, eisenschüssiger Sandstein: Anatas n. s., farblose und hellgelbe, dicke Tafeln

und Pyramiden, daneben anch abgerollte Anatastafeln; Zirkon hh.; Rntil hh.; Magnetit hh.; Granat h.; Turmalin s.; Eisenkies h.

Kreide-Gesteine.

66. Quadersandstein des Tharander Waldes, weisser, feinkörniger Sandstein: Anatas h., hellblaue nnd farblose, schöne, scharf ausgebildete dicke Tafeln, 0,05—0,1 mm gross; Zirkon hh., meist klein; Rutil hh.; Tnrmalin h.; Staurolith ss.; Kaliglimmer h.
67. Qnadersandstein von Sirgwitz bei Löwenberg in Schlesien, feinkörniger, kaolinhaltiger, lockerer Sandstein: Anatas n. s., farblose und hellblaue, selten hellgelbe Tafeln, nicht selten mit P∞, sehr selten mit mPn, bis 0,15 mm gross; Brookit selten und abgerollt; Zirkon hh.; Rutil hh.; Stanrolith n. s.; Granat h.; Turmalin n. s.; Magnetit hh.; Kaliglimmer hh.

Tertiärgesteine.

Hier habe ich nnr in einem der sehr zahlreichen von mir untersuchten Gesteine Anatas nnter solchen Verhältnissen gefunden, dass ich ihn für nen gebildet halten kann, nämlich

68. im petrefactenreichen Meeressandstein von Weinheim bei Alzey: Anatas n. s., gelbe, klare Tafeln, bis 0,12mm gross; Brookit ss., eine 0,18mm grosse, gelbe, abgerollte Tafel; Zirkon hh.; Rutil h.; Tnrmalin h.; Magnetit hh.; Eisenglanz hh.

Ernptivgesteine.

69. Granophyr vom Hohwald bei Barr-Andlau, Schutt: Anatas ss., hellgelbe Tafeln; Zirkon hh.; Apatit h.
70. Qnarzporphyr vom Wagenberg bei Weinheim a. d. Bergstrasse: Anatas ss., hellgelbe Tafel, 0,055mm gross; Zirkon hh.; Rutil h.; Granat n. s.; Turmalin n. s.; Staurolith (??) n. s.; Bergkrystalle h.
71. Quarzporphyr von Sailauf im Spessart, Schutt: Anatas s., farblose nnd hellgelbe Tafeln; Brookit ss., eine schöne gelbe Tafel mit vorherrschendem ∞P∞ und mit stark ent-

wickeltem $\frac{1}{2}\breve{P}\infty$ und ∞P, untergeordnet mit $\breve{P}2$; Zirkon hh.; Rutil hh.; Turmalin h.; Granat h.; Staurolith (??) n. s.; Bergkrystalle h.

72. Quarzporphyr von Burgbach bei Rippoldsau im Schwarzwald, Schutt: Anatas hh., dünne, gelbe, trübe, undurchsichtige Tafeln, bis 0,20mm gross, nur eine hellblau und klar; Zirkon hh.; Rutil ss.; Turmalin s.; Magnetit hh.
73. Quarzporphyr von Asbach bei Schmalkalden, poröses Gestein: Anatas hh., dünne, klare, scharf ausgebildete Tafeln, hellblau bis stark grünblau gefärbt, selten farblos, hie und da mit $\frac{1}{m}P$; Zirkon hh.; Rutil fehlt.
74. Porphyrit von Waldböckelheim, festes drusiges Gestein mit reichlichem Tridymit [1]): Anatas h., bis 0,10mm grosse und 0,04mm dicke, farblose Tafeln; Zirkon s.

Kieselhölzer.

Von diesen habe ich nur wenige untersucht, aber in allen bis jetzt Anatas gefunden. Anatase des Typus 0P.P enthielten hievon zwei.

75. Kieselholz aus dem Schilfsandstein von Rüdisbronn: Anatas s., farblose, scharfe Tafeln, bis 0,1mm gross; Zirkon n. s.; Rutil ss.; Turmalin ss.
76. Kieselholz (Araucarioxylon Schrollianum) aus dem Rothliegenden von Vilbel: Anatas h., dünne, 0,05—0,25mm grosse, meist etwas trübe, hellbraune Tafeln; Zirkon fehlt hier.

Zersetztes Gestein der Erzgänge.

77. Pinitoid von Wittichen, in zersetztem Granit, begleitet von Kalkspath mit Gediegen Silber: Anatas h., hellblaue und hellblaugrüne Tafeln, bis 0,09mm gross.

II. Vorkommen des Anatases vom Typus $\frac{1}{m}P\infty . P$.

78. Granit von den Fuchsbergen bei Striegau. Die im Granit von Striegau vorkommenden Mineralien sind bereits von

[1]) *Streng*, N. Jahrb. f. Min. 1871. S. 933.

E. Becker[1]) ausführlich beschrieben worden; auch *Krantz*[2]) *Websky*[3]) und *v. Lasaulx*[4]) haben sich mit den Mineralien dieses Fundortes beschäftigt, aber von keinem dieser Forscher wurde Anatas, Brookit und Zirkon beobachtet, die in diesem Gesteine sehr häufig sind.

Von Herrn Dr. *Schuchardt* in Görlitz erhielt ich mehrere Stücke des Granits von den Fuchsbergen, welche zum grössten Theile in ein krystallinisches, schuppiges Aggregat von Pinitoidblättchen umgewandelt waren, so dass sich wohl noch Orthoklas und Quarz, aber kein Glimmer mehr erkennen liess; dagegen enthielten die Drusen reichlich Eisenglanz. Nach dem Zerdrücken der Stücke, Schlämmen und Entfernen des Eisenglanzes mit Salzsäure fand ich schon ohne Mikroskop den Anatas, der hier in ausserordentlich grosser Menge und nur in Krystallen des Typus $\frac{1}{m}P\infty.P$ vorhanden ist. Die nähere Beschreibung dieser Krystalle wurde bereits oben gegeben. Die Figur 16 unserer Tafel zeigt die gewöhnliche Form derselben. Ausser $\frac{1}{m}P\infty$ und P ist sehr häufig $P\infty$ und $\frac{1}{m}P$, selten 0P entwickelt. Die Krystalle sind durchweg schön klar und dunkel grünlichgrau bis grünlichbraun gefärbt. Der Brookit ist seltener als der Anatas, gegenüber anderen Vorkommnissen aber noch häufig zu nennen. Er bildet gelbe stark gestreifte Tafeln mit vorherrschendem $\infty\breve{P}\infty$, als dessen Umrandung die Flächen ∞P, $2\breve{P}\infty$, $\breve{P}2$, $\frac{1}{2}\breve{P}\infty$ und selten 0P auftreten, wie dies Fig. 24 zeigt. Die Brookitkrystalle werden bis 0,25 mm gross. Der hier sehr häufige Zirkon zeigt constant die in Fig. 5 abgebildete Form $\infty P.P$ mit untergeordnetem $\infty P\infty$ und 3P3, sehr selten zonale Streifung, aber sehr reichlich Einlagerungen von Apatit und Gasporen.

79. Granitschutt vom Gallenbachthal bei Wittichen im Schwarzwald: Anatas ss., eine graubraune, 0,07 mm grosse, be-

---

[1]) *E. Becker*, Ueber das Mineralvorkommen im Granit von Striegau. Inaug.-Dissert. 1869.

[2]) Vgl. G. vom Rath in Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. 22. Bd. S. 650.

[3]) *Websky* in Tschermaks Min. u. petr. Mitth. 1872. S. 1 und 63.

[4]) *v. Lasaulx*, N. Jahrb. f. Min. 1876. S. 358.

schädigte Tafel mit $\frac{1}{m}P\infty$; Zirkon hh.; Rutil h.; Granat hh.; Apatit n. s.

80. Mittleres Rothliegendes von Windecken bei Hanau, rother, wenig fester Sandstein, reich an Feldspath, Kaolin und Glimmer: Anatas hh., Grundpyramide meist stark entwickelt, die Krystalle aber meist unregelmässig begrenzt oder stark verzerrt, farblos bis schwach bräunlich gefärbt; Zirkon hh.; Rutil ss.; Apatit n. s.; Turmalin s.; Kaliglimmer s.
81. Weissliegendes von Rückingen bei Hanau, hellgrauer, kaolinreicher, grobkörniger Sandstein mit Geröllen: Anatas s., scharf ausgebildete, klare, granbraune Krystalle, bis 0,08 mm gross.
82. Unterer Bnntsandstein vom Häuserackerhof bei Hörstein unweit Aschaffenburg, weisser, feinkörniger, kaolinreicher Sandstein: Anatas n. s., bis 0,2 mm grosse, scharf ausgebildete, klare Krystalle von graubrauner Farbe, sehr selten noch mit $P\infty$.
83. Unterer Buntsandstein von Oberbessenbach bei Aschaffenbnrg, hellrother, feinkörniger, kaolinreicher Sandstein: Anatas h., hellbraungraue, bis 0,15 mm grosse, klare, aber oft schlecht ansgebildete Krystalle; Brookit ss., eine hellgelbe, abgerollte Tafel.
84. Oberer Buntsandstein von Stetten bei Karlstadt, feinkörniger, weisser Sandstein: Anatas h., bis 0,1 mm grosse, braune, grünblaue und blaue, schöne, klare Krystalle, selten noch mit 0P, hie und da zu Krystallgruppen verwachsen. In Nr. 82, 83 und 84 ist ausserdem Zirkon hh., Rutil h., Turmalin h., Kaliglimmer s., Magnetit h.
85. Grobkörniger Buntsandstein von Lohr im Spessart: Anatas n. s., kleine gelbbraune und grünlichbraune Krystalle; Zirkon hh.; Rutil h.; Tnrmalin h.; Granat n. s.; Magnetit hh.; Kaliglimmer hh.; Bergkrystalle hh.
86. Schaumkalk von Erlabrnnn bei Würzburg, graubrauner, oolithischer Kalkstein mit reichlichem Coelestin: Anatas h., hellblane bis tiefblane, meist kleine und nicht über 0,1mm grosse, scharf ansgebildete, dicke Krystalle, an denen die Grnndpyramide meist stark entwickelt ist und mit $\frac{1}{m}P\infty$ im Gleichgewicht steht. 0P selten und untergeordnet. In 4 anderen Schanmkalkstücken von Erlabrunn und Würz-

burg fand ich keinen Anatas, in allen aber Zirkon, klein u. s.; Rutil s.; Turmalin ss., Granat ss., Bergkrystalle hh.

87. Meeressandstein vom Gienberg bei Waldböckelheim, conchylienreicher, kalkiger Porphyritschutt: Anatas s., nur wenige, grosse Tafeln, an denen statt P eine stumpfe Pyramide mit $\frac{1}{m}P\infty$ combinirt erscheint; dieselbe bildet mit $\frac{1}{m}P\infty$ keine parallelen Combinationskanten, sondern ist steiler.

III. Vorkommnisse des Anatases vom Typus $\frac{1}{m}P\infty$. P mit 0P.

88. Weissliegendes von Grossenhausen, am Wege nach dem Eicher Hofe, bei Gelnhausen, weisse, kaolinreiche Breccie: Anatas s., hellblaue dünne Tafeln mit vorherrschendem 0P und P, die Flächen von $\frac{1}{m}P\infty$ erscheinen nur an den Ecken der Krystalle (Fig. 19); Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin s.; Granat s.; Apatit h.

89. Stubensandstein von Ebern in Unterfranken, weisser, kaolinreicher Sandstein: Anatas h., hellblaue, dünne Tafeln mit bald vorherrschendem 0P, bald vorherrschendem $\frac{1}{m}P\infty$; die Grundpyramide ist stets untergeordnet, ebenso die nicht seltene Pyramide $P\infty$; die Flächen von $\frac{1}{m}P\infty$ sind rauh und nicht selten gestreift. Zirkon h; Rutil h.; Granat s.; Apatit n. s.; Magnetit h.; Bergkrystalle h.; Kaliglimmer h.

90. Ein in Brauneisenstein umgewandelter Wurzelast aus dem Schilfsandstein von Sugenheim in Mittelfranken zeigte nach dem Auflösen des Brauneisensteins in Salzsäure in dem thonigen Rückstand sehr reichlich bis 0,4 mm grosse, dünne Tafeln von Anatas von hellbrauner Farbe Die Flächen 0P und $\frac{1}{m}P\infty$ sind stets und in annäherndem Gleichgewicht vorhanden, die Grundpyramide dagegen ist sehr untergeordnet entwickelt. Die Krystalle sind häufig in der in Fig. 18 dargestellten Weise verwachsen und bilden nicht selten auch unregelmässige Krystallgruppen. Sie enthalten meist reichlich schwarze Körnchen von organischer Substanz eingelagert. Zirkon, Rutil u. s. w. fehlen in diesem Brauneisenstein, während sie im umschliessenden Sandstein sehr häufig sind.

IV. Vorkommen des Anatases vom Typus $\frac{3}{5}P$.

91. Diese Form fand ich bis jetzt nur in völlig umgewandeltem Gneiss, sogen. „Dreckbatzen“ vom Jung hoh Birkner Stehenden der Grube „Junge hohe Birke“ bei Freiberg.[1]) Es ist dies eine vorwiegend aus kleinen Gilbertitblättchen bestehende weiche Masse, welche nach der Entfernung des vorhandenen Erzes mit Säuren und Schlämmen den Anatas reichlich erkennen lässt. Er bildet stumpfe, meist schlecht ausgebildete Pyramiden, welche der Pyramide $\frac{3}{5}P$ sehr nahe stehen, und meist noch 0P zeigen, ist tief stahlblau bis schwarzblau und meist nicht klar durchsichtig oder undurchsichtig. Neben dieser Form, aber selten, kommen auch Krystalle P.0P vor. Dieser völlig zersetzte Gneiss enthält ferner Zirkon hh, Rutil s., Granat n. s.

V. Vorkommen des Brookits auf primärer Lagerstätte.

Die Vorkommen des Brookits, in denen derselbe gleichzeitig mit dem Anatas gebildet erscheint, sind bereits bei diesem näher beschrieben worden. Es sind dies:
Der Granit von Steinbach bei Fürth im Odenwald (1),
der Granit von der Windeck bei Weinheim a. d. Bergstrasse (2),
der Granit vom Burgfels bei Wittichen (12),
der Granit der Gegend von Rippoldsau (9, 10 und 11),
der Granit von den Fuchsbergen bei Striegau (78),
der feinkörnige Gneiss gegenüber der Kirche von Rippoldsau (16),
der Quarzporphyr von Sailauf (71),
die Quarzitschiefer des Spessarts und
der Tigersandstein vom Holdersbachthale bei Schapbach.

Ohne Anatas fand ich neugebildeten Brookit nur in folgenden Gesteinen:

92. Kohlensandstein von Skalitz in Mähren, brauner, feinkörniger Sandstein: Brookit s., ein 0,154 mm breiter, gelber Krystall mit den Flächen $\infty\breve{P}\infty$, 0P, ∞P und $\breve{P}2$ (Fig. 27). Ausser diesem fand ich noch ein Paar kleine hellgelbe Tafeln, sowie eine kleine Krystallgruppe; Zirkon hh.; Rutil h.; Granat h.; Apatit h.; Turmalin s.; Kaliglimmer h.

[1]) Die betreffende Probe wurde von Hrn. Prof. *Stelzner* an Hrn. Prof. *Sandberger* gesendet, welcher sie mir zum Schlämmen übergab.

93. Zechsteindolomit von Görisseiffen in Schlesien, gelber, krystallinischer Dolomit: Brookit s., gelbe, bereits oben näher beschriebene und in Figur 25 abgebildete Tafel; Anatas ss. abgerollt; Zirkon h.; Rutil h.; Turmalin n. s.; Zinnstein (?) ss.; Kaliglimmer h.; Bergkrystalle hh.
94. Dolomit aus der Trias von Fully im Kanton Wallis; grauer Dolomit, welcher beim Auflösen in Salzsäure Kieselknollen mit feinem Quarzsand hinterlässt. Dieser ergab beim Schlämmen: Brookit n. s., schöne, meist sehr regelmässig ausgebildete, ziemlich dicke Tafeln mit vorherrschendem $\infty\breve{P}\infty$ und untergeordnetem ∞P, $\breve{P}2$, $2\breve{P}\infty$ und $0P$, wie dies Fig. 26 an einem Krystalle von da zeigt; die Färbung ist an einzelnen Krystallen oft verschieden vertheilt; Zirkon n. s.; Rutil ss.; Turmalin n. s.; Eisenkies h.; Bergkrystalle hh.
95. Infraliassandstein von Burgpreppach in Unterfranken, feinkörniger, weisser Sandstein: Brookit hh., kleine, hellgelbe, rechteckige Tafeln, welche meist in der Richtung der Makrodiagonale stark in die Breite entwickelt sind; sie zeigen $\infty\breve{P}\infty$, ∞P, $0P$, $\infty P\infty$, $\frac{1}{2}P\infty$, sehr untergeordnet $\breve{P}2$ und $2\breve{P}\infty$, sind klar, durchsichtig und ganz fein gestreift. Fig. 28 zeigt die gewöhnliche Form derselben. Anatas ss., eine abgerollte Pyramide; Zirkon hh.; Rutil hh.; Turmalin hh.; Kaliglimmer h.
96. Doleritschutt vom Hopfenberg bei Schwarzenfels: Brookit ss., nur eine blassgelbe, starkgestreifte, 0,09 mm grosse Tafel; Zirkon n. s.; Rutil n. s.

B. Vorkommen von Anatas und Brookit auf secundärer Lagerstätte.

Silurische Gesteine.

1. Untersilurischer Sandstein von Lodi in Wisconsin, feinkörniger, gelber Sandstein mit Trilobiten: Anatas s., abgerollte Tafeln $0P.P$; Zirkon n. s.; Rutil s.; Turmalin s.; Granat h., mit Krystallflächen, gegenüber dem Zirkon und Rutil gross.

(In mehreren untersuchten Spiriferensandsteinen aus Nassau und vom Harz fand ich bis jetzt weder Anatas noch Brookit.)

Gesteine der Kohlenformation.

2. Grauwacke von Herborn in Nassau: Anatas ss., abgerollte Tafel; Zirkon hh.; Apatit h.; Rutil fehlt.
3. Kohlensandstein (Keokuk) von Crawfordsville in Indiana, feinkörniger Sandstein mit viel Eisenkies: Anatas ss., abgerollte Tafel; Zirkon h.; Turmalin n. s.; alles sehr klein.
4. Kohlensandstein von Asbignon im Kanton Wallis: Anatas ss., eine dicke Tafel; Zirkon h.; Turmalin h.; Rutil ss.
5. Bergkalk von Clifton in England, rother Kalkstein mit Petrefacten: Anatas ss., abgerollte, farblose Tafeln; Zirkon hh.; Rutil hh; Turmalin hh.; Bergkrystalle hh.; alles sehr klein, nicht über 0,05 mm gross.

Dyas-Gesteine.

6. Unteres Rothliegendes von der Naumburg bei Vilbel: Anatas ss., dünne gelbe Tafel; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin n. s.; Staurolith fehlt.
7. Unteres Rothliegendes von Märzdorf in Schlesien: Anatas s., blassgelbe Tafeln 0P.P; Zirkon hh,; Rutil h.; Turmalin s.; Apatit n. s.
8. Unteres Rothliegendes von Waldböckelheim bei Kreuznach: Anatas ss., Tafeln und Pyramiden; Zirkon hh.; Rutil h.; Granat n. h.; Turmalin h.; Apatit h.; Kaliglimmer h.
9. Rothliegendes von Hofstetten im Spessart, rothes, lockeres Conglomerat: Anatas h., farblose und gelbliche, klare und trübe Tafeln 0P.P vorwiegend, selten gut ausgebildet; Krystalle des Typus $\frac{1}{m}P\infty.P$ sind selten; bis 0,15 mm gross. Zirkon h.; Rutil h.; Turmalin h.; Magnetit hh.
10. Rothliegendes von Burgbach bei Rippoldsau im Schwarzwald: Anatas s., dicke, blaugraue, trübe Tafeln; Brookit ss., abgerollte, bis 0,15 mm grosse Tafel; Zirkon hh.; Rutil s.; Granat n. s.; Magnetit hh.; Kaliglimmer h.
11. Dolomit aus dem Rothliegenden von Wittichen: Anatas s., wenig abgerollte, meist trübe, blaue Tafeln, Neubildung zweifelhaft; Zirkon hh.; Rutil n. h.; Turmalin h.; Staurolith s.
12. Rothliegendes von Siebeneichen bei Löwenberg in Schlesien, rother, thoniger, feinkörniger Sandstein: Anatas ss., gelbe, bis hellblaue dicke Tafeln, Neubildung zweifelhaft; Zirkon

hh.; Rutil h.; Turmalin n. h.; Granat s.; Magnetit h.; Kaliglimmer h.

13. Dolomit aus dem Rothliegenden von Görisseiffen: Anatas s., farblose, klare und trübe Tafeln 0P.P; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin s.; Granat h.; Kaliglimmer s.
14. Weissliegendes vom Büchets bei Wenighösbach und von Kahl, beide im Spessart: Anatas s. bis n. s., gelbe und blaue, trübe Tafeln, jedenfalls mit dem Gneissgrus, aus dem das Gestein besteht, eingeschwemmt; Zirkon hh.; Rutil s bis h.; Turmalin h.; Granat s.; Apatit h.; Kaliglimmer h.
15. Zechsteindolomit vom Büchets bei Wenighösbach: Anatas s., gelbe Pyramiden und Tafeln, abgerollt aussehend; Brookit ss.; Zirkon h., klein; Rutil s.; Turmalin h.; Bergkrystalle h.
16. Zechsteinkalk von Grenzenberg bei Görisseiffen: Anatas ss.
17. Zechsteindolomit von Nieder-Görisseiffen: Brookit ss., abgerollte, 0,12 mm grosse, gelbe Tafel; Anatas ss., dünne Tafeln.
18. Zechsteinkalk von Gröditz: Anatas ss., trübe, abgerollte Tafeln; Brookit ss.
19. Zechsteinmergel von Kunzendorf u. W.: Anatas s., abgerollte, trübe Tafeln. Diese vier schlesischen Zechsteine enthalten ausserdem Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin h.; Granat h.; Magnetit h.; Kaliglimmer h.; Staurolith ss.

Triasgesteine.

20. Leberschiefer von Schweinheim bei Aschaffenburg, rother Thon: Anatas ss., hellgelbe Tafeln; Zirkon n. s.; Rutil ss.
21. Psilomelan vom Morsberg bei Kirchbeerfurt im Odenwald, Lager im Leberschiefer: Brookit s.; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin h.
22. Dolomitischer Mergel mit Jaspisknollen über dem Zechstein von Schweinheim bei Aschaffenburg: Anatas ss.; scharfe gelbe Pyramide, Neubildung zweifelhaft; Brookit ss. bis 0,1 mm grosse, gelbe, nicht viel abgerollte Tafeln; Zirkon hh., klein; Rutil h.; Granat h.; Turmalin s.; Kaliglimmer h. Magnetit h.
23. Mittlerer Buntsandstein von Hallstadt in Oberösterreich: Anatas n. s., trübe Tafeln, Neubildung zweifelhaft; Zirkon hh.; Rutil hh.; Turmalin hh.; Magnetit hh.

24. Mittlerer Buntsandstein von Heidelberg: Anatas ss., gelbe abgerollte Tafel; Zirkon h.; Rutil s.; Turmalin n. s.; Magnetit h.
25. Violeter Buntsandstein (Carneolbank) von Gambach bei Karlstadt: Anatas ss., abgerollte Tafeln; Brookit ss.; Zirkon hh.; Rutil n. h.; Turmalin n. s.; Apatit n. s.; Kaliglimmer h.
26. Bank der Myophoria vulgaris aus dem Röth von Erlabrunn bei Würzburg, grünlichgrauer, dolomitischer Sandstein: Anatas s., abgerollte Tafeln 0P.P mit $\frac{1}{m}P\infty$ und Pyramiden; Brookit ss., abgerollte Tafeln; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin h.; Granat s.; Apatit h.; Magnetit n. h.; Kaliglimmer h.
27. Röth von Erlabrunn, rother Schieferthon: Anatas ss., abgerollt; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin h.; Apatit ss.; Kaliglimmer h.
28. Röthdolomit von Sulzbad im Elsass: Anatas s., farblose und gelbe, klare und trübe Tafeln; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin h.; Magnetit hh.
29. New red sandstone von Bristol in England: Brookit s., schöne, aber deutlich abgerollte gelbe Tafeln mit vorherrschendem $\infty P\infty$, $\frac{1}{2}\breve{P}\infty$, ∞P und nntergeordnetem $\breve{P}2$.
30. Gelber Wellendolomit von Thüngersheim: Anatas ss., gelbe, wenig abgerollte Tafel; Brookit ss., hellgelbe Tafel mit $\infty P\infty$, ∞P, 0P und P2.
31. Conglomeratbank des Wellenkalks von Erlabrunn: Anatas ss., scharfe, trübe Tafeln.
32. Spiriferinenbank des Wellenkalks von Erlabrunn: Anatas ss., eine dicke, scharfe Tafel. Der Wellenkalk und seine verschiedenen Bänke enthalten ausserdem bei Würzburg Zirkon h.; Rutil s.; Turmalin s.; Granat s.

    Ferner fand ich im gewöhnlichen Wellenkalk sowohl, als in der Conglomeratbank, Dentalienbank, Spiriferinenbank und in der Bank mit Leda Schlotheimensis 3 bis 4 Arten von Foraminiferen, welche in Eisenkies und Brauneisenstein verwandelt waren und deshalb beim Auflösen des Gesteins in verdünnter kalter Salzsäure zurück blieben.
33. Wellendolomit von Ittersbach bei Pforzheim in Baden: Anatas s., trübe und klare, hellblaue, oft noch sehr scharf

ausgebildete Tafeln, hie und da mit P∞; Neubildung zweifelhaft; Brookit ss.; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin h.

34. Mergel mit Myophoria orbicularis von Würzburg, geschlämmter Schutt: Anatas ss., blassgelbe, trübe, 0,04mm grosse Tafel.
35. Zellendolomit der Anhydrit-Gruppe von Würzburg: Anatas ss., bis 0,07 mm grosse, trübe Tafeln; Bergkrystalle hh.
36. Untere Encrinitenbank von Veitshöchheim: Anatas s., dünne und dickere, kleine, trübe Tafeln; ist vielleicht zum Theil neugebildet; Bergkrystalle hh.
37. Schieferthone der Region der Myophoria vulgaris von Würzburg, geschlämmter Schutt: Anatas s., Tafeln 0P.P und $\frac{1}{m}$P∞ . P.
38. Schieferthone der Region des Ceratites nodosus von Würzburg: Anatas s., gelbe und hellblaue, dünne oder dicke Tafeln, abgerollt.
39. Kalkstein mit Myophoria pes anseris von Gerbrunn bei Würzburg: Anatas ss., hellblaue Tafel, stark abgerollt.

Die Gesteine 34 bis 39, sowie viele andere aus dem Muschelkalk von Würzburg enthielten je nach der Menge eingeschwemmter Theilchen: Zirkon h. bis hh., meist klein und rundlich; Rutil s. bis h.; Granat s. bis h.; Turmalin s.; Staurolith ss. bis s.; Kaliglimmer s. bis h.; Magnetit oft h.

In den Gesteinen der Lettenkohlengruppe von Würzburg fand ich Anatas und Brookit öfters auf secundärer Lagerstätte, nämlich im

40. Glaukonitkalk: Anatas s., in Tafeln 0P.P, $\frac{1}{m}$P∞.P und reinen Pyramiden, oft sehr schön scharf erhalten, so dass er zum Theil wenigstens neugebildet sein könnte; Brookit ss., abgerollt; Zirkon hh; Rutil h.; Turmalin h.; Granat h.; Picotit ss.; Magnetit hh.; Bergkrystalle h.
41. Oberer Lettenkohlensandstein: Anatas n. s, in gelbbraunen, meist etwas abgerundet aussehenden, abgestumpften Pyramiden, vielleicht neugebildet.
42. Pflanzenthone über dem Lettenkohlensandstein: Anatas s., trübe, bis 0,1 mm grosse Tafeln; Brookit ss.; wie in Nr. 41, so auch hier Zirkon hh; Rutil h.; Turmalin h.; Granat n. s.; Staurolith s.; Picotit ss.; Magnetit h.; Kaliglimmer h.
43. Aus dem Gebiete des unteren und mittleren Keupers Frankens habe ich sehr viele Gesteine untersucht und in

vielen Anatas und Brookit auf secundärer Lagerstätte gefnnden. In den nnteren Gypsen sind eingeschwemmte Mineralien, Zirkon n. s. w. selten, dagegen nengebildeter Bergkrystall hh.; in den Mergeln ist Zirkon meist h. bis hh., Rntil h., Turmalin s., Granat s., Magnetit h.; Anatas und Brookit fand ich darin am Schwanberg bei Kitzingen, bei Ipsheim in Mittelfranken und bei Hassfurt, überall selten. In den Steinmergeln und besonders in den feinsandigen Estherienbänken sind die genannten Mineralien meist reichlich vorhanden, auch Anatas nnd Brookit kommen vor. Dasselbe ist im Schilfsandstein der Fall. Besonders schön fand ich den Brookit in einer 0,18 mm grosseu, scharf ausgebildeten, klaren, gelben Tafel mit $\infty\breve{P}\infty$, ∞P, $\frac{1}{2}\breve{P}\infty$ (stark entwickelt), $2\acute{P}\infty$ und $\breve{P}2$ in einem weissen Sandstein über dem Schilfsandstein von Nenses bei Ansbach, in welchem anch Anatas in Tafeln und Pyramiden selten, dagegen Granat sehr reichlich vorkommt. In den Lehrberger Schichten fand ich ebenfalls an einigen Orten Anataspyramiden und Brookit, begleitet von Zirkon hh., Rntil h., Turmalin h., Granat hh. In den oberen Keupersandsteinen kommt der Anatas meist neugebildet vor, findet sich aber hie nnd da auch in abgerollten Exemplaren, so z. B. im Stubensandstein von Culmbach, von Arberg bei Herrieden, von Regensbnrg, nnd in der Arkose von Maroldsweisach in Unterfranken; in letzterem kommt auch Brookit als Seltenheit vor.

Infralias- uud Jnra-Gesteine.

44. In den Infralias-Sandsteinen von Schönsreuth bei Bamberg, Ebern nnd Lichtenfels fand ich Anatas in abgerollten Tafeln und Pyramiden s., Zirkon hh., Rutil h., Turmalin s., Granat s., Magnetit h., Kaliglimmer h., Apatit meist s.

45. Infraliassandstein von Seinstedt in Braunschweig: Anatas ss., abgerollt; Zirkon hh.; Rntil hh.; Turmalin h.; Magnetit hh.; Staurolith n. s.; Kaliglimmer h.

46. Cardiniensandstein von Hollstadt: Anatas s., klare, blassgelbe Pyramiden, vielleicht nengebildet; Zirkon hh.; Rutil hh.; Turmalin n. s.

47. Pullastra-Bänke von Ramlösa in Schweden, sehr feinkörniger, hellbraungrauer, fester Sandstein: Anatas s., theils Tafeln 0P.P, theils $\frac{1}{m}P\infty.P$; Zirkon hh.; Rutil hh.; Turmalin h.; Apatit s.; Magnetit hh.
48. Kalk mit Gryphaea arcuata von Wasseralfingen in Württemberg: Anatas s., Krystalle 0P.P und $\frac{1}{m}P\infty.P$; Zirkon h.; Rutil h.; Turmalin n. s.

Kreide-Gesteine.

49. Brauner Kalk des Valanginien vom Bois des Etroits bei St. Croix, Schweiz: Anatas n. s., klare und trübe, farblose und gelbe Tafeln, Neubildung zweifelhaft; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin h.; Granat s.; Staurolith s.; Bergkrystalle hh.
50. Mergel mit Orbitolina lenticularis von Bellegarde im Dep. Ain., Frankreich: Anatas s., abgerollte Tafeln; Zirkon hh.; Rutil hh.; Turmalin h.; Staurolith s.
51. Plänermergel von Strehlen bei Dresden: Anatas s.; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin s.; Granat s.
52. Plänermergel von Regensburg: Anatas ss., abgerollte Tafeln, an einer auch $P\infty$; Zirkon hh.; Rutil h; Turmalin h; Granat n. s.; Staurolith s.
53. Senonmergel mit Geinitzia formosa von Quedlinburg: Anatas s., klare und trübe, blaue und gelbe Tafeln; Brookit ss., eine schöne 0,04 mm grosse Tafel ähnlich der in Fig. 28 abgebildeten mit $\infty\breve{P}\infty$, ∞P, $2\breve{P}\infty$ und $\breve{P}2$. Zirkon hh.; Rutil hh.; Turmalin hh.; Staurolith s.
54. Weisse Schreibekreide der Champagne. In dem durch Auflösen von 2 Pfund dieses Gesteines in Salzsäure erhaltenen Rückstand fand ich Anatas ss., bis 0,04 mm grosse farblose, dünne Tafeln; Brookit ss., eine 0,04 mm grosse Tafel, abgerollt; Zirkon s., bis 0,09 mm gross; Rutil ss.; Turmalin s.
55. Kreidemergel von Haldem in Westphalen: Anatas s., trübe, aber meist scharf erhaltene Tafeln; Brookit s., eine sehr schöne, gut erhaltene Tafel mit $\infty\breve{P}\infty$, ∞P, $\breve{P}2$, $2\breve{P}\infty$ und 0P, sehr ähnlich denen aus dem Triasdolomit von Fully im Kanton Wallis (Fig. 26); Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin h.; Granat n. h.

56. Kreidetuff von Mastricht: Anatas ss., dicke, grosse, stark abgerollte Tafeln; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin hh.; Granat h.; Staurolith hh.
57. Gault-Sandstein aus der Moräne von Engen: Brookit ss.; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin n. h.; Glaukonit hh.
58. In 8 verschiedenen Sandsteinen aus dem Touronien und Senonien der Umgegend von Löwenberg in Schlesien fand ich ebenfalls Anatas und Brookit als Seltenheit in abgerollten Tafeln. Diese Gesteine enthalten ausserdem Zirkon hh.; Rutil hh.; Granat hh.; Turmalin s. bis n. s.; Staurolith s ; Magnetit h.; Kaliglimmer h.; Zinnstein (?) s.

Tertiär-Gesteine.

59. Nummulitenkalk aus der Moräne von Engen bei Schaffhausen: Anatas ss.; Zirkon h.; Rutil n. h.; Turmalin s.; Bergkrystalle hh.
60. Eocäner Meeressand von Bracheux, Châlons sur Vesle-loser Sand: Anatas n. s., grosse, abgerollte Tafeln; Zirkon, hh.; Rutil n. h.; Staurolith hh.; Turmalin s.
61. Oberer Grobkalk von Vaugirard bei Paris: Anatas s., grosse, abgerollte Tafeln; Brookit s., unter anderen ein schöner, in Fig. 29 abgebildeter, 0,08 mm grosser Krystall mit $\infty\bar{P}\infty$, ∞P, P2 und $\frac{1}{2}\bar{P}\infty$, aber alle etwas abgerollt; Zirkon h.; Rutil h.; Turmalin h.; Staurolith h.; Granat n. s.
62. Kalkiger, tertiärer Sandstein von Figanières im Dep. Var.: Anatas s.; Brookit s.; abgerollte Tafeln; Zirkon hh.; Rutil h.; Staurolith hh., bis 0,5 mm gross; Turmalin s.; Granat h.; Magnetit hh.; Kaliglimmer h.
63. Miocäner Meereskalk von Zimmerholz bei Engen: Anatas ss.; abgerollt; Zirkon hh.; Rutil h.; Staurolith h.; Granat h.; Turmalin n. s.; Kaliglimmer hh.
64. Mitteloligocäner Meeressand von Bergh in Belgien: Anatas s., scharf ausgebildete und abgerollte Tafeln; Brookit s., bis 0,13 mm grosse, oft noch gut erhaltene Tafeln mit $\infty\bar{P}\infty$, ∞P, 0P und $\breve{P}2$; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin s.; Staurolith s.; Granat hh.; Glaukophan ss.
65. Muschelsandstein von La Molière im Kanton Freiburg: Anatas ss.; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin h.; Granat hh., bis 1 mm gross.; Staurolith s.

66. Sandstein der mittleren Kirchberger Schichten von Hüttisheim: Anatas ss.; Brookit ss.; Zirkon hh.; Rutil hh.; Granat hh.; Staurolith hh.; Turmalin s.; Magnetit hh.

67. Septarienthon von Flörsheim bei Mainz: Anatas n. s. in Tafeln und Pyramiden; Brookit ss.; Zirkon hh.; Rutil h.; Granat hh.; Turmalin h.; Staurolith h.; Picotit s. bis h.; Magnetit h.; Glaukophan ss.

68. Landschneckenkalk von Hochheim bei Mainz: Anatas ss.; Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin h.; Staurolith s.

69. Corbiculakalk von Oberrad bei Frankfurt: Anatas ss.; Brookit ss., eine schöne Tafel mit $\infty\breve{P}\infty$, ∞P, $0P$, $\frac{1}{2}\breve{P}\infty$, $2\breve{P}\infty$; Zirkon h.; Rutil n. s.; Granat s.; Turmalin n. s.

70. Hydrobienkalk von Bieber bei Frankfurt: Anatas s., stark abgerollte Tafeln; Zirkon hh.; Rutil s.; Granat hh.; Turmalin s.; Magnetit h.; Staurolith s.

71. Hydrobienkalk von der Curve bei Wiesbaden: Anatas n. s., in Pyramiden und Tafeln des Typus $0P.P$ und $\frac{1}{2}P\infty.P$; Brookit ss.; Zirkon h.; Rutil n. s.; Turmalin h.; Staurolith ss.; Magnetit h.

Pleistocäne und alluviale Ablagerungen.

72. Diese habe ich wesentlich nur aus dem Gebiete des Maines untersucht. Dabei hat sich herausgestellt, dass die Sande des Maines, sowohl die pleistocänen als die alluvialen um so reicher sind an Anatas und Brookit, je näher sie den anatasreichen oberen Kenpersandsteinen liegen. So enthält z. B. der pleistocäne Sand des Itzthales zwischen Bannach und Daschendorf den Anatas gar nicht selten in vorwiegend hellblauen, oft noch recht scharf ausgebildeten, meist dünnen Tafeln des Typus $0P.P$, sehr selten in Pyramiden. Im Sand von der Vogelsburg bei Volkach ist er schon seltener und meist stärker abgerollt, bei Würzburg wieder seltener, aber auch in den Sanden der Untermainebene noch als Seltenheit in stark abgerollten blauen Tafeln vorhanden. Nur im Mosbacher Sande habe ich keinen Anatas mehr gefunden. Es geht daraus hervor, dass der Anatas bei seiner geringen Härte (5,5—6) gegenüber den begleitenden Mineralien einen sehr langen Trans-

port durch fliessendes Wasser nicht anshält und deshalb auf seinen secnndären Lagerstätten immer verhältnissmäsig selten ist. Auch die Beschaffenheit der Gesteine der Seitenthäler des Maines hat oft einen Einfluss auf den Anatasgehalt des Sandes. So enthält z. B. der Sand der Kürnach bei Würzburg neben Tafeln auch die gelben Pyramiden aus dem Lettenkohlensandstein. Ausser Anatas und Brookit enthalten die Sande des Maines noch Zirkon hh.; Rutil h.; Turmalin s. bis n. s.; Granat h.; Staurolith s. bis h.; Magnetit hh.; Apatit s. bis n. s.; Kaliglimmer h.

73. In den zwischen den unterpleistocänen Sanden lagernden Thonen der Untermainebene fand ich den Anatas bei Amorbach nnd Soden.

74. Auch im Löss habe ich Anatas gefunden, und zwar bei Würzburg, Heidingsfeld, Mergentheim, Hörstein und Goldbach im Spessart, im Birkenauer Thal bei Weinheim nnd bei Plagwitz in Schlesien; im letzteren auch Brookit. Der Löss des Mainthales enthält im Uebrigen dieselben Mineralien, wie die Sande, nur meist kleiner.

75. Sand der Eder bei Wildungen: Anatas ss., stark abgerollt; Zirkon hh.; Rutil h.; Magnetit hh.; Granat s.; Turmalin h.; Apatit h.; Titanit n. s.; Kaliglimmer s.

Schluss.

Die Resnltate der vorliegenden Untersuchungen lassen sich kurz in Folgendem zusammenfassen:

1. Der mikroskopische Zirkon fehlt in den Urgebirgs- nnd Sedimentär-Gesteinen fast nie, er kommt auch in sehr vielen Eruptivgesteinen vor. Seine weite Verbreitung in den Basalten nnd Doleriten war bis jetzt nicht bekannt.
2. Der Rntil ist ebenfalls in fast allen Urgebirgs- und Sedimentär-Gesteinen enthalten nnd findet sich auch im Schntt der Granite, Porphyre, Diabase, Basalte und Dolerite.
3. Der mikroskopische Anatas ist ein sehr verbreitetes Mineral in zersetzten krystallinischen nnd Sedimentär-Gesteinen

und tritt in diesen hauptsächlich in zwei Typen auf, wovon der eine von der Grundpyramide nnd basischen Endfläche gebildet wird nnd tafelförmig oder pyramidal entwickelt ist, während der andere von einer stumpfen Pyramide zweiter Ordnnng und der Grundpyramide gebildet wird und linsenförmige Krystalle bietet.

4. Der mikroskopische Brookit findet sich in gleicher Verbreitung wie der Anatas und erscheint in dünnen oder dickeren Tafeln mit vorherrschendem makrodiagonalem Flächenpaar nnd nntergeordnetem ∞P, $\breve{P}2$, $2P\infty$, $0P$, $\frac{1}{2}P\infty$ und $\infty\breve{P}\infty$.
5. Anatas und Brookit kommen niemals in den frischen krystallinischen Gesteinen vor, sondern entstehen erst bei der Zersetzung derselben.
6. Anatas und Brookit sind in den Sedimentär-Gesteinen theils neu gebildet, theils auf secundärer Lagerstätte enthalten.
7. Der Pseudobrookit kommt im zersetzten Basalt und Phonolith des Kreuzberg-Stockes in der Rhön vor und ist beim Verwittern dieses Gesteins entstanden.
8. Von allen in den Sedimentärgesteinen vorkommenden Mineralien verdient der Staurolith für Schlüsse anf die Abstammung dieser Gesteine aus den verschiedenen Urgebirgsgesteinen besondere Berücksichtigung.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1—4. Besonders häufige Formen der Zirkonkrystalle.

Fig. 5. Zirkonkrystall aus dem Granit von den Fuchsbergen bei Striegau, $\infty P.P.3P3$, mit Einschlüssen von Apatit und Gasporen, 0,27mm gross.

Fig. 6. Zirkonkrystall aus einem chinesischen Granit, zeigt verschiedene innere und äussere Ausbildung und Flüssigkeitseinschlüsse mit Libellen, 0,14mm. gross.

Fig. 7. Zirkonkrystall aus dem Granit von Striegau, mit Gasporen und einem 0,045mm grossen Einschluss mit Zwillingsbildung.

Fig. 8. Parallel der Haupttaxe verwachsener Zirkon von Oberbessenbach im Spessart, 0,14mm gross.

Fig. 9. Rutilzwilling mit Einlagerungen aus dem Staurolithgneiss des Spessarts.

Fig. 10. Rutilkrystall mit Zwillingsstreifung nach $P\infty$ und Zwillingsbildung nach $3P\infty$ aus dem Buntsandstein von Höfel bei Löwenberg in Schlesien; die gleichartig orientirten Theile sind dunkler schraffirt, 0,13mm gross.

Fig. 11. Anataspyramide aus dem Lettenkohlensandstein von Würzburg; 0,09mm gross.

Fig. 12. Anatastafel aus dem Rothliegenden von Rossdorf bei Darmstadt, 0,12mm gross.

Fig. 13. Verzerrte Anatastafel aus dem körnigen Kalk von Gailbach bei Aschaffenburg; 0,08mm gross.

Fig. 14. Anataskrystall mit $0P$, P, $P\infty$, $\frac{1}{m}P$ und $\frac{1}{m}P\infty$ aus dem Staurolithgneiss von Glattbach; 0,12mm gross.

Fig. 15. Anataskrystall mit $0P$, P, $P\infty$, $\frac{1}{m}P$ und mPn aus dem Buntsandstein von Plagwitz bei Löwenberg in Schlesien; 0,07mm gross.

Fig. 16. Anataskrystall, $\frac{1}{m}P\infty.P.P\infty.\frac{1}{m}P$, aus dem Granit von den Fuchsbergen bei Striegau, 0,16mm gross.

Fig. 17. Anataskrystall von demselben Ort, parallel einer Fläche ∞P gelagert, mit $\frac{1}{m}P\infty$, P und $\frac{1}{m}P$.

Fig. 18. Anataskrystall, durch Verwachsung mehrerer Tafeln der Form $\frac{1}{m}P\infty.0P.P$ gebildet, aus dem vererzten Wurzelrest im Schilfsandstein von Sugenheim, 0,22mm gross.

Fig. 19. Anataskrystalle der Form $0P.P.\frac{1}{m}P\infty$ aus dem Weisslicgenden von Grossenhausen bei Gelnhausen; 0,09mm gross.

Fig. 20, 21 und 22. Anataskrystalle der Form $\frac{1}{m}P\infty.0P.P$ aus dem Stubensandstein von Ebern in Unterfranken.

Fig. 23. Brookitkrystall, $\infty\breve{P}\infty.\infty P.\breve{P}2.0P$, aus dem zersetzten Granit zwischen Klösterle und Wasserfall bei Rippoldsau; 0,16mm gross.

Fig. 24. Brookitkrystall aus dem Granit von Striegau, $\infty P\infty.\infty P.\breve{P}2.2\breve{P}\infty.\frac{1}{2}\breve{P}\infty$, 0,22mm gross.

Fig. 25. Brookitkrystall aus dem Zechstein-Dolomit von Görisseiffen in Schlesien, mit regelmässig angeordneten Einlagerungen, 0,10 mm gross.

Fig. 26. Brookitkrystall mit $\infty\breve{P}\infty$, ∞P, $\breve{P}2$ und $0P$ und $2\breve{P}\infty$ aus dem Triasdolomit von Fully im Kanton Wallis; 0,055 mm gross.

Fig. 27. Brookitkrystall, $\infty P\infty . \infty P . 0P . \breve{P}2$ aus dem Kohlensandstein von Skalitz in Mähren; 0,15 mm breit.

Fig. 28. Brookitkrystall mit $\infty\breve{P}\infty$, ∞P, $0P$ und $\breve{P}2$ aus dem Infraliassandstein von Burgpreppach in Unterfranken; 0,07 mm gross.

Fig. 29. Brookitkrystall aus dem Grohkalk von Vaugirard bei Paris, dicke Tafel mit $\infty\breve{P}\infty$, ∞P, $\breve{P}2$ und $\frac{1}{4}\breve{P}\infty$.

Fig. 30 und 31. Pseudobrookitkrystalle aus dem Basaltschutt vom Kreuzberg in der Rhön.

Die Käfer der unterpleistocänen Ablagerungen bei Hösbach unweit Aschaffenburg.

Beschrieben von

K. FLACH.

(Mit Taf. VIII u. IX.)

Bevor ich es versuche, eine genauere Schilderung der einzelnen in den Hösbacher Thonlagern sich findenden Coleopteren zu geben, will ich einiges über deren Vorkommen und meine bei der Untersuchung angewendeten Methoden vorausschicken.

Beim Sammeln an Ort und Stelle fallen vor allem grosse schwarzbraune Schieferkohlenplatten ins Auge, deren in feuchtem Zustande recht zähe Consistenz es gestattet, sie in ganz dünne Blättchen zu spalten bezw. zu zerreissen. Zwischen denselben erscheinen dann, solange sie frisch sind, grüne, blaue, seltener schwarze glänzende Flecke, die sich als Donacien- und Carabicinen-Reste ausweisen. Letztere sind zwischen die Kohlenplatten gleichsam gepresst und in feuchtem Zustande noch ziemlich gut kenntlich; tritt aber Luft hinzu, so verlieren sie in kurzer Zeit Farbe und Glanz, die ebene gepresste Oberfläche wird gerunzelt und bald ist alles unkenntlich. Hier fand ich nur den Ausweg, die Sachen bis zur Vergleichung nass zu halten; eine theilweise Conservirung lässt sich nur mit Hülfe der unten angegebenen Methode bewerkstelligen.

Günstiger stellen sich die Verhältnisse bei den tieferen Schichten. Sucht man in den grauen und dunklen, oft sehr zähen Thonmassen auch manche Stunde vergebens, schliesslich wird die Ausdauer durch oft überraschend schön erhaltene Reste belohnt. Während nämlich die in der Mooskohle eingeschlossenen Thiere offenbar durch plötzliche Ueberlagerung mit Schlamm zerdrückt und gequetscht wurden, hatten die tiefer sich findenden. aus zerfallenen Chitinpanzern bestehenden Rudimente bei der langsamen Ablagerung der feinen Massen Zeit, sich durch allseitige Thonumhüllung vor Druck zu bewahren. Beim ersten Anblick glaubt man fast recente Thiere vor sich zu haben, bis

die mit dem Eintrocknen rasch eintretende Farbenveränderung, das Abschilfern in haardünnen Plättchen und der schliessliche Zerfall des Ganzen nur zu deutlich zeigen, dass aber und aber Jahrtausende seit jener Zeit verflossen sind, in der die Thierchen hier ihr Grab fanden.

Soweit es nun möglich war, habe ich eben gefundene Käfer sofort untersucht und gezeichnet; zur Aufbewahrung fand ich nach verschiedenen misslungenen Versuchen (mit langsamem Trocknen, Ueberstreichen mit Wasserglas u. s. f.) als beste Methode die, den Thon von unten und den Seiten her mit successive stärkerem Gummi-Wasser vollsaugen zu lassen. Die Oberseite bleibt dabei intakt, während der eintrocknende Gummi das Object an der Unterlage fixirt.

Von den Chitintheilen sind natürlich Thorax und Elytren als die härtesten am besten erhalten, die Köpfe, wohl ihres zusammengesetzten Baues und desshalb leichteren Verfalles wegen, selten brauchbar (nur Otiorhynchus-Rüssel hielten sich gut). Von Beinen sind wenig Reste, von Fühlern kaum Spuren vorhanden.

Ueber die Flora gibt uns die Fundstelle nur dürftigen Aufschluss. Die in den obersten Schichten häufigen Hypnen mit Carex- und Menyanthes-Saamen verschwinden nach unten vollständig, am spätesten Carex. Von Blättern sind hauptsächlich solche von Monocotyledonen zu finden (u. a. Potamogeton graminifolius), von Dicotylen sah ich nur ein Blattstück einer Salix, sowie eines von Vaccinium. Doch geben die in den tieferen Lagen stellenweise zahlreichen schwarzen schiesspulverartigen Körnchen (Saamen zweier Galium, die sich auch bei Seligenstadt finden!) Kunde vom Vorhandensein weiterer Dicotylen. Zu erwähnen bleibt noch eine obere Schicht im 4. Pflanzenlager, die durch reichliche Nadelüberreste, sowie ihre Fauna sich als Waldboden charakterisirt. Unter letzterem kommt ein dunkler Thon mit breiten silberglänzenden Blattresten. (Wasserpflanzen?)

Da mein Beruf mir leider wenig Zeit zum Besuche der Oertlichkeit lässt, bin ich nur selten im Stande, die Schicht der einzelnen Vorkommnisse näher anzugeben.

Unter den Coleopteren-Familien ist der Artenzahl nach die der Carabiden am stärksten vertreten und finden sich:

Carabidae.

Carabus L. Aus der in unserem Gebiete gegenwärtig durch 14 zum Theil stattliche Arten vertretenen Gattung fanden sich bis jetzt nur 2 D.[1]) und 2 H.[2]). So sehr dieselben im Allgemeinen mittelgrossen Stücken des C. granulatus L. zu entsprechen scheinen, veranlasste mich doch ein auffallender Unterschied, die Rndimente als einer ausgestorbenen Form angehörig zu betrachten: es fehlt nämlich zwischen der ersten Körnerreihe und der erhabenen glatten Naht fast jede Spur der bei C. granulatus L. stets deutlichen glatten Rippe, eine Eigenthümlichkeit, zu der unter den mir bekannten Carabus-Arten nur der Car. Maeander Fisch. aus dem hohen Norden Amerikas hinneigt. Ich nenne die Art (Rasse?)

C. Thürachii m. zu Ehren meines lieben Freundes und Mitarbeiters, der die erste Anregung zu dieser Arbeit gab. Diag. Car. obscure aeneus vel aeneo-niger, prothorace fere quadrato, angulis posticis vix productis, elytris subdepressis, postice subdilatatis, singulo costis duabus triplici tuberculorum serie alternis, interstitiis rugulosis. (Tafel VIII. Fig. 1.)

Der jetzt lebende C. granulatus L. ist in der Gegend ziemlich häufig; er liebt gleichfalls sumpfige Orte; seine Verbreitung erstreckt sich über ganz Mittel- und Nordeuropa, ohne dass er im Süden gänzlich fehlt.

Cychrus F. Die zierliche Gattung, deren Arten als echte Wald- und Gebirgsbewohner zu bezeichnen sind, ist in der Gegend jetzt noch durch 2 Species vertreten. Bei Hösbach fand ich fossil 2 Paar D. von

C. rostratus L. (Tafel VIII. 2.)

Während diese hier ziemlich seltene Art gegenwärtig eine Form zeigt, die zu der grösseren Rasse (elongatus Dej.) hinneigt und grobgekörnte D. hat, gehören die vorliegenden 2 Stücke einer viel kleineren feiner gekörnten Rasse an, wie sie jetzt nur höheren Gebirgen eigenthümlich ist. Das abgebildete Stück fällt durch schmale Gestalt

---

[1]) D. (hier und im folgenden) = Deckschild.

[2]) H. (hier und im folgenden) = Halsschild.

auf. Spuren von 3 Körnerreihen sind deutlich vorhanden, die Körner selbst nur wenig zusammengeflossen.

C. rostratus L. findet sich im ganzen mittleren und nördlichen Europa, wird im Süden sehr selten. Auch in den russ. Ostseeprovinzen.

Chlaenius Bon. Jetzt noch sechs Arten im Gebiete. In den Hösbacher Schichten finden sich 2 weitere von denen:

Chl. 4-sulcatus Ill. (Tafel VIII. 3. a. b.)
in den tieferen Pflanzenlagern ziemlich häufig ist. Die im frischen Zustande meist schön goldgrünen D. werden beim Trocknen rasch schwarz-metallisch; nur einmal fand ich frisch die 3 erhabenen Rippen kupferröthlich. Letztere sind vielfach von groben Punkten unterbrochen. die Interstitien, durch zusammenfliessende Hohlpünktchen chagrinirt, zeigen beiderseits eine fein eingedrückte Linie.

Das viel seltener vorkommende H. zeigt eine grobe chagrinartige Punktirung in derselben Vertheilung, wie die recente Form.

Die zur Beurtheilung der Verhältnisse wichtige, im ganzen Erscheinen unverkennbare Art hat sich jetzt auf Nordost-Deutschland zurückgezogen; doch ist sie auch hier grosse Seltenheit und scheint auf dem Aussterbe-Etat zu stehen. Ihre Verbreitung erstreckt sich über die Ostseeprovinzen bis Sibirien, immer als Seltenheit.

Die andere Art kann ich mit keiner bekannten identifiziren. Ich nenne sie zu Ehren ihres Entdeckers, Herrn Bahnverwalters Dietz

Chl. Dietzii m. thor? elytris opacis (exsiccat. nigris), striis paulum profundis, remote punctatis, interstitiis subtilissime rugulosis et punctatis. (Tafel VIII. 4.)

Nur ein trockenes Stück aus der Mooskohle (ist mir desshalb noch etwas zweifelhaft).

Patrobus Dej. Der an feuchten Orten selten im Gebiete vorkommende

P. excavatus Pkll. ist durch einige H. und zahlreiche D. vertreten. Erstere zeichnen sich vorzüglich durch eine Gruppe tiefer Punkte hinter dem Vorderrande, sowie durch tiefe punktirte Basalgruben aus; letzteres Merk-

mal wird bei stärker gedrückten Stücken undeutlich, sie erscheinen auch breiter, so dass ich früher glaubte, den Carabites diluvianus Heer aus den Schweizer Schieferkohlen vor mir zu haben. Doch stimmt die Abbildung nicht recht. (Taf. VIII. 5a.)

Die glänzend schwarzen, innen stark, nach aussen erlöschend punktstreifigen D. (Taf. VIII. 5b.) gleichen in jeder Beziehung der recenten Form.

Verbreitet über Mittel- und Nordenropa, in den Ostseeprovinzen stellenweise häufig.

Feronia Latr. Diese artenreiche Gattnng ist zunächt vertreten durch ein grosses D. der Untergattung Poecilus. In feuchtem Zustande goldgrün und fein scharf gestreift wurde selbiges durch Trocknen fast unkenntlich. Aus der Moosschicht.

Das Subgen. Platysma Bon. vertritt ein H. der F. oblongopnnctata F., einer noch jetzt hier häufigen Art. Die Form der Hinterecken, die nicht flach abgesetzten Seitenränder, die grössere Breite vor der Mitte unterscheiden dasselbe deutlich von der nahe verwandten Pl. vitrea Dej. (Taf. VIII. 6.)

Häufig in Mittel- nnd Nordeuropa; ist noch am Nordcap in Norwegen (71° 10′ n. B.) zahlreich gefunden, ebenso in den Ostseeprovinzen.

Von Steropus Meg. ist vorhanden:

F. aethiops Panz. in einem H. Als nächsten Fundort des Gebirgsthieres kenne ich den Schwarzwald. Unterscheidet sich von dem hier häufigen St. concinnus St. durch seine Kleinheit, breitere nach hinten verengte Gestalt und den Mangel der Strichel in den Basalgruben.

Verbreitet in den Gebirgen Mittelenropas, den Ebenen des Nordens, in Russland und Sibirien. In den Ostseeprovinzen einziger Steropus.

Zu Pterostichus Bon. gehört wahrscheinlich ein grösseres herzförmiges H. mit nur einem glatten schräg gegen die Medianfurche nach vorne convergirenden Eindruck in jeder Hinterecke. Auch grosse, aber schlecht erhaltene schwarze Feronienflügel in der Waldbodenschicht zahlreich.

Vom Subgen. Argutor Meg. ist die

F. diligens St. wie noch jetzt ziemlich häufig. (Taf. VIII. 8.) Mehrfach gefundene H. zeigen eine stärkere Punktirung der Basis, wie es nur selten unter der Stammart jetzt vorkommt. Die starke Mittelrinne ist wohl Folge des Drucks. Auch die D. stimmen gut mit forma recens, dabei finden sich aber auch kleinere enger gestreifte (wahrscheinlich andere Art!)

Von den nordischen F. boreella und Wasastjernae J. Sahlberg liegt mir leider kein Vergleichsmaterial vor.

Die Art ist über Mittel- und einen Theil von Nordeuropa verbreitet, in den Ostseeprovinzen selten.

Das Subgen. Abax Bon. vertreten wohlerhaltene Reste von

F. parallela Dftschm. Die seltenen H. und 2 D. stammen aus der Waldbodenschicht. F. parallela charakterisirt sich durch geringere Grösse, unpunktirte Basalgruben des H., stark vortretenden Schulterzahn und glatte tiefe Streifung der D.

Häufiger Wald- und Gebirgskäfer des mittleren Europa, fehlt in den Ostseeprovinzen.

Amara Bon. Die jetzt durch zahlreiche Arten in der Gegend vertretene Gattung fand sich in zwei Formen.

A. aulica Panz. Zwei in der Grösse etwas verschiedene Thoraxhälften, vor allem charakterisirt durch feine etwas runzelige Punktirung hinter dem Vorderrande, zwei tiefe stark punktirte, in einer Grube stehende Eindrücke neben den scharf nach anssen vorspringenden Hinterecken; letztere bilden auch den Unterschied gegenüber der nahe verwandten A. convexiuscula und torrida, obgleich die Grösse eher mit letzterer stimmt. (Taf. VIII. 9.)

Ist jetzt über Mittel- und Nordeuropa verbreitet, in der Gegend recht selten, anderwärts häufig, auch in Curland und Finnland.

A. famelica Zimmerm. Ein Paar aus der Potamogeton-Schicht stammende Decken gehören einer bronzefarbenen Art aus der Verwandtschaft der A. spreta Dej. an. Ausser der etwas grösseren Gestalt und fast unpunktirten feineren

Streifung besitzen dieselben eine Eigenthümlichkeit, die ich nur bei dem einen Stücke der A. famelica, das mir vorliegt, wiederfinde: der erste Rückenstreif zieht sich im Beginn des unteren Drittels hart neben den Nahtstreif und verläuft dann vertieft mit demselben bis zur Spitze. Von einem abgekürzten Scutellarstreifen ist nichts zu bemerken. (Taf. VIII. 10.)

Diese in Deutschland äusserst seltene, in der Gegend fehlende Art, besitzt ihre Hauptverbreitung im Nordosten bis Sibirien.

Trechus Clairville. Diese kleinen und zierlichen Ufer- und Gebirgsbewohner sind hauptsächlich vertreten durch

Tr. rivularis Gyll. Zahlreiche aus allen Schichten stammende Reste zeigen die unverkennbare Skulptur der interessanten Form.

Die Decken zeichnen sich aus durch glänzend pechschwarze, selten braune Farbe mit meist lichterer Spitze, drei glatte tiefe Furchen neben der Naht, die nach aussen kürzer werden (ein vierter Streifen nur angedeutet), 5 tiefe Punkte im äussersten Randstreif hinter der Schulter und einen nur im hinteren Drittel vorhandenen tieferen äusseren Streifen, der vorn 1—2 tiefere Punkte trägt. (Taf. VIII. 11.)

Eine nordische äusserst seltene Art, im nordöstlichen Deutschland in sehr wenigen Stücken gefunden, auch im nördlichen Skandinavien und Schottland selten, einigemale in den russischen Ostseeprovinzen.

Auch von anderen Trechus-Arten sind einzelne bis jetzt nicht näher bestimmbare Reste gefunden.

Bembidium Latr. Sumpf- und Uferkäferchen, von denen

B. assimile Gyll. durch ein Deckschild vertreten ist. Stimmt gut auch in der helleren Spitzenfärbung und dem kleinen Fleck am Seitenrande mit der hier häufigen Art. (Taf. VIII. 12.)

Ganz Mittel- und Nordeuropa häufig, auch in den Ostseeprovinzen.

Dytiscidae.

Wasserkäfer sind in allen Lagern vertreten, aber schlecht erhalten. Erkennbar:

Colymbetes Clairville. Aus dieser Gattung fand ich die Unterseite einer grossen Art, die sich durch die feinen meist bogenförmigen Nadelrisse als hieher gehörig leicht erkennen lässt. Die stärkere Skulptur der Mittelfläche des Metasternums zeigt auch, dass das Stück nicht zu dem hier häufigen C. fuscus L., sondern wahrscheinlich zu dem C. striatus L., der im ganzen Norden häufig ist, gehört.

Zahlreiche weitere Ueberreste von Dytisciden bilden theils in der Mooskohle, theils in den tieferen Schichten schwarze, dem blosen Auge glatt scheinende Flecken. Einige scheinen nach Grösse und mikroskopischer Oberflächenbildung zu Ilybius (ater Deg?), andere zu Agabus Leach zu gehören.

Auch 3 noch nicht sicher bestimmte schwarze Hydroporus aus dem 4. Pflanzenlager liegen vor.

Hydrophilidae.

Die clavicornen Wasserkäfer sind vertreten durch

Hydrobius Leach.

H. fuscipes L. scheint nicht selten gewesen zu sein und ist am zahlreichsten in den blauen und braunen Thonen. Ich besitze Kopf, H. und D. eines Stückes, die in jeder Beziehung, sogar der Vertheilung der groben Punkte an den H.-Seiten aufs genaueste mit dem hier gemeinen Thier übereinstimmen. Die Oberseite ist erzfarbig

Allerwärts, auch im Norden und Nordosten häufig.

Hydraena Kugelann. Von den meist in fliessendem Wasser an der Unterseite von Steinen sitzenden Thierchen fand ich ein Paar D., welche vielleicht der H. riparia Kug. angehören (Taf. IX.). Die sehr eng punktstreifigen D. sind schwärzlich, fast metallisch und mit obiger Art verglichen etwas zu breit. (Taf. IX. 1.)

Deutschland, Finnland, Schweden gemein, seltener in den Ostseeprovinzen.

Cyclonotum E. Von den hier noch jetzt häufigen

C. orbiculare F. fand ich 1 H. und mehrere D. in der Mooskohle. Die letzteren etwas stärker und dichter als bei unserer recenten Form punktirt, sonst ist der glänzend schwarze Käfer kaum unterschieden. (Taf. IX. 2.)

Europa, in Norwegen und den Ostseeprovinzen häufig.

Cercyon Leach — hievon mehrere noch nicht bekannte D. (Taf. IX. 3.)

Staphylinidae.

Dass auch diese Familie zahlreich wie noch jetzt am Rande der Sümpfe vorkam, beweisen die überall durch die Lettenlager verbreiteten schuppenförmigen Decken. Doch ist es mir bei der bekannten Schwierigkeit der Bestimmung nicht gelungen, mit Sicherheit die Arten zu erkennen. Die meisten gehören Philonthus-Arten an, auch 2 Stenus fand ich darnnter, von denen ich den einen der mikroskopischen Oberflächenbildnng wegen in die Nähe des St. Juno stelle. (Taf. IX. 4.)

Cistelidae.

Citylus Er.

C. varius F., einige Deckschilder der Art aus dem oberen Pflanzenlager; von den glänzenden Würfelflecken sind nur bei einem Andeutungen zu sehen, doch stimmt die Anordnung der Streifen vollständig. Die Zwischenräume fein runzlig gekörnt, Farbe kohlschwarz, matt.

In ganz Europa bis zum Norden, Skandinavien, Ostseeprovinzen häufig. (Taf. IX. 5.)

Silphidae.

S. (Phosphuga) atrata. Dnrch zwei D.-Abdrücke vertretenes allenthalben gemeines Thier. (Taf. IX. 6.)

Curculionidae.

In den Mooskohlen sehr selten, nehmen die Rüsselkäfer in den tieferen Schichten an Häufigkeit zu. In einer gewissen schwarzbraunen, sehr zähen, aber beim Trocknen leicht zerfallenden Thonschicht, die wahrscheinlich dem 3. oder 4. Pflanzenlager angehört, fanden sich früher sehr zahlreiche Curculioniden-

überreste, meist Erycus- und ähnliche Arten. Leider kam ich zur gehörigen Ausbeutung der Stelle zu spät. Es sind erkennbar:

Otiorhynchus Germ.

O. niger Fbr. Hierher ein Paar defekte D. Weitere Reste sind zur näheren Vergleichung zu schlecht erhalten. Auch Rüssel und ganze Köpfe finden sich vor.

O. niger findet sich am zahlreichsten in den Alpen und deutschen Mittelgebirgen, geht aber einzeln bis Königsberg; fehlt in den Ostseeprovinzen Russlands.

Erycus Tourn.

E. aethiops F. Ein gut erhaltenes D. gleicht vollständig den mir vorliegenden Lappländer-Stücken. (Taf. IX. 7.)

Die in der Gegend fehlende nordische Art ist auch in den Ostseeprovinzen selten.

E. acridulus L. Neben ziemlich vielen unkenntlichen Stücken, die der Gattung angehören, waren einige, die sehr wohl mit obigem, noch jetzt hier häufigem Käfer stimmen. Auch entsprechende H. und ein leider etwas zerquetschter Rüssel (Taf. IX. 8 a. b. c.) liegen vor.

Als gemeiner Sumpfkäfer bis in den Norden verbreitet, auch in den Ostseeprovinzen.

Apion Herbst. Hierher ein Paar kleine D., darunter ein schwarzes aus der Trifolii-Gruppe. (Taf. IX. 9).

Chrysomelidae.

Von den Blattkäfern fanden sich einzeln

Timarcha Latr.

T. metallica Laich. Ein ziemlich grosses, flach gedrücktes D., frisch kupferfarbig, beim Trocknen dunkel geworden. Die im Verhältniss zu T. coriaria L. schwache etwas runzliche an den Rändern erlöschende Punktirung stimmt gut zu der hier einzeln sich findenden Art.

Gehört den mitteleuropäischen Gebirgen und deren Ausläufern an und fehlt im Norden ganz. (Taf. IX. 10.)

Prasocuris Latr.

P. aucta v. egena Zgl. Ein D. stimmt in Streifung mit der hier häufigen Art (P. aucta F.), ist aber dunkelviolett und ohne rothen Rand, wesshalb ich es auf obige seltene Varietät beziehe. (Taf. IX. 11.)

Die Stammform geht als häufiger Käfer weit nach Norden, ist auch in den Ostseeprovinzen häufig, die Varietät scheint wenig beobachtet und wird von *v. Heyden* für Frankfurt a/M. angegeben.

Donacia F. Die Hauptmasse der vorhandenen Käferüberreste besteht aus den Formen dieser noch jetzt bei uns artenreichen Gattung. Ihre bei den meisten Stücken entweder bronzegrünen oder kornblumenblauen bis blauschwarzen Decken sind in Menge zwischen die Schichten des Mooslagers eingestreut. Sie sind von einem fettglänzenden Hofe umgeben, der sich bei näherer Betrachtung aus den völlig zerquetschten übrigen Körpertheilen des Thieres bestehend erweist. Erkennbar ist hie und da noch ein bezahnter Hinterschenkel, Theile des Meso- und Metathorax oder auch die Fläche des H. Die schwierig zu bestimmenden Formen gehören nur wenigen Arten an.

An sicher deutbaren Formen finden sich:

D. Sagittariae F. = bicolora Zettst. Die zahlreichsten vorliegenden Donacien gehören zu der schwierigen Formenreihe, welche sich um obige Art gruppirt. Die eigentliche D. Sagittariae (Taf. IX. 12) findet sich nicht selten, bisweilen mit dunkelblauer Oberseite.

Jetzt noch in der Gegend häufig, über Deutschland, Schweden, Finnland und Ostseeprovinzen verbreitet.

D. obscura Gyllh. und

D. thalassina Grm. Hierher ziemlich häufige schmalere und kleinere D. mit matterer Oberseite. (Taf. IX. 13.)

D. fennica Payk. Von dieser durch nicht metallische rothgelbe Deckschilder ausgezeichneten Art ein D.

Schweden, Finnland, Ostseeprovinzen, auch in Norddeutschland.

D. sericea L. und

D. discolor Pz. Hierher zu beziehende Stücke häufig. Fast durchgehends schön kornblumen- bis schwarzblau mit tiefer starker Skulptur (Querrunzelung und Streifung). Diese var. violacea Gyllh., früher wie es scheint ausschliesslich hier vorkommend, ist jetzt selten, auch in den Ostseeprovinzen. (Taf. IX. 14.)

Ein Ueberblick über die im vorausgehenden besprochenen Käfer zeigt folgende Reihe mit voller Sicherheit bestimmter Arten:

1. Carabus Thürachii m. (granulatus F.)
2. Cychrus rostratus L.
3. Chlaenius 4-sulcatus Ill.
4. Feronia oblongopunctata F.
5. „ aethiops Pz.
6. „ diligens St.
7. „ parallela Dftschm.
8. Patrobus excavatus Pkll.
9. Amara aulica Panz.
10. „ famelica Zimm.
11. Trechus rivularis Gyllh.
12. Bembidion assimile Gyllh.
13. Colymbetes striatus L.
14. Hydrobius fuscipes L.
15. Cyclonotum orbiculare F.
16. Citylus varius F.
17. Erycus Aethiops F.
18. „ acridulus L.
19. Otiorhynchus niger F.
20. Timarcha metallica Laich.
21. Prasocuris aucta F.
22. Donacia Sagittariae F.
23. „ fennica Payk.
24. „ sericea L. und discolor Pz.
25. Silpha atrata L.

Nach der Verbreitung zerfallen diese Formen zunächst in zwei Hauptgruppen (wenn wir von der spezifischen Art 1 absehen).

1) die Arten 2, 4, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 24, und 25 gehören noch jetzt dem Gebiete an und sind zum Theil häufig. Hiezu kommen 5 und 19 als in der Gegend fehlende, doch mitteldeutsche Käfer, im ganzen also ca. 70% noch vorkommende Thiere.

2) die Arten 3, 10, 11, 13, 17, 23 sind jetzt als nordische oder nordöstliche zu bezeichnen. (Alle kommen aber noch in Deutschland vor.) Also ca. 30%.

Gruppe 1. zeigt aber ausser den zugleich mittel- und

nordeuropäischen noch einige Formen, die nur den Gebirgen Mitteleuropas eigen sind, also im Norden fehlen. Es sind 7, 19, 20, also ca. 12% des Ganzen.

So lässt sich im Allgemeinen der unterpleistocäne Faunen-Charakter als nordöstlich mit Beimischung einiger dem mitteleuropäischen Einwanderungsgebiet angehöriger Formen bezeichnen.

Es sind auch vorzüglich diese letzteren ein Beweis dafür, dass zur fraglichen Zeit kein vollständig kaltes Klima geherrscht und dass selbes vielleicht dem nordostdeutschen entsprochen hat.

Im Vergleich mit den Schieferkohlen-Vorkommnissen von Dürnten und Utznach finden wir zwar den von Prof. *Heer* angegebenen im allgemeinen analoge Verhältnisse, aber der Mangel an nordischen Formen in der Schweiz deutet doch auf einen ziemlichen Klima-Unterschied hin. Interessant ist auch hier wieder das massenweise Vorkommen der Donacien, die geradezu als Leitfossilien unserer Bildungen zu betrachten sind. Sie finden sich unter solchen Verhältnissen von Südfrankreich durch die Schweiz und Deutschland bis in das Forest-bed der Norfolk-Küste. Auch der Zusammenhang der Seligenstädter Braunkohlen mit der Hösbacher Bildung haben Freund *Thürach* und ich bei gemeinsamem Besuche durch Donacien-Reste nachweisen können.

Weitere Beobachtungen über den Gegenstand werde ich später in Nachträgen liefern.

Myothermische Fragen und Versuche.

Von

A. FICK.

(Mit einer Tafel.)

Die Ueberschrift der nachfolgenden Mittheilungen soll andeuten, dass ich mindestens ebensoviel Gewicht lege auf die Fragestellung und deren Erörterung, als auf die thatsächlichen Ergebnisse der mitgetheilten Versuche. Trotz der vielen Zeit und Mühe, die ich auf die Versuche verwendet habe, ist es mir nämlich nicht gelungen, die gestellten Fragen mit ganz apodiktischer Gewissheit zu entscheiden, aber die Fragen selbst scheinen mir so fundamentaler Natur, dass ich sie schon jetzt mit dem gewonnenen Versuchsmaterial beleuchten will, in der Hoffnung, dass sich dadurch vielleicht auch andere Forscher angeregt finden, zu ihrer Lösung beizutragen.

Die eigentlich ursprüngliche Thatsache der Muskelphysiologie ist diese: Wenn man einem Muskelbündel einen Reizanstoss mittheilt, so wächst seine Spannung, die Verkürzung ist erst eine sekundäre Erscheinung, die überhaupt nur unter gewissen äusseren Bedingungen eintreten kann, während die Vermehrung der Spannung unter allen Umständen, insbesondere auch bei absoluter Verhinderung der Verkürzung eintritt. Wie man den zeitlichen Verlauf dieser Spannungsänderung bei gleichbleibender Länge untersuchen und graphisch darstellen könne, habe ich in meiner vor 2 Jahren veröffentlichten Abhandlung über „Arbeitsleistung und Wärmeentwickelung bei der Muskelthätigkeit (Leipzig Brockhaus 1882, Internationale Bibliothek Bd. LI.) ausführlich beschrieben und für die so erhaltene Curve den Namen „isometrische“ Zuckungscurve vorgeschlagen, und im Gegensatz dazu für die schon oft untersuchte Curve, welche ein masseloser Hebel zeichnet, an welchem dem Muskel eine konstante Kraft entgegenwirkt, den Namen der „isotonischen“ Zuck-

ungskurve. Selbstverständlich kann man ebenso auch den tetanischen Zustand des Muskels „isometrisch“ verlaufen lassen.

Es entsteht nun die Frage, ob während eines solchen Vorganges ein Vorrath von mechanischer potentieller Energie vorhanden ist, der zu mechanischer Leistung verwendbar ist, ohne dass diese mechanische Leistung durch einen neuen besonderen Aufwand an potentieller chemischer Energie (durch eine neue Verbrennung) kompensirt zu werden brauchte. Auf den ersten Blick scheint es sich ganz von selbst zu verstehen, dass diese Frage unbedenklich zu bejahen sei. Man hat ja die potentielle Energie in der Kraft, mit welcher der Muskel an dem damit verknüpften Hebel zieht, sichtbar vor Augen und es scheint, dass sie bereit ist, ohne Weiteres mechanische Arbeit zu leisten, sowie man nur den Hebel ihrer Wirkung frei überlässt.

Wenn man diese Annahme zulässt, so folgt aus dem Princip der Erhaltung der Energie weiter: Im ersten Stadium einer isometrischen Zuckung wird nicht das volle Aequivalent der von den chemischen Kräften geleisteten Arbeit an Wärme im Muskel vorhanden sein, sondern ein Theil dieser Arbeit chemischer Kräfte ist zur Erzeugung der vorhandenen potentiellen mechanischen Energie verwendet. Es ist nun allerdings gar keine Aussicht vorhanden, diese Folgerung direkt experimentell zu prüfen.

Im zweiten Stadium einer isometrischen Zuckung muss natürlich die verschwindende potentielle mechanische Energie in Wärme verwandelt werden. Ob während dieses Vorganges auch noch von neuem chemische Kräfte Arbeit leisten und ein ferneres Wärmequantum erzeugen, ist nicht wohl auszumachen. Jedesfalls ist durch vollständigen Ablauf einer isometrischen Zuckung eine Wärmemenge im Muskel entstanden genau aequivalent der während derselben von chemischen Kräften geleisteten Arbeit.

Zur Erläuterung der entwickelten Anschauung will ich ein Modell beschreiben, das wenn man es herstellte, ganz ähnlich wie ein Muskel bei der Zuckung functioniren würde. Man stelle sich eine Anzahl flacher Dosen von Wellblech vor, wie sie in den Aneroidbarometern zur Verwendung kommen. Sie seien parallel über einander mit geeigneten Zwischenräumen im inneren eines sehr dünnwandigen Kautschukschlauches rings am Rande herum befestigt. In jeder der hermetisch geschlossenen luftleeren Doseu befinde sich ein gewisses Quantum Schiesspulver

und ein Körper, welcher die bei Verbrennung des Schiesspulvers entwickelten Gase rasch absorbirt. Jede Dose sei in der Mitte ihrer oberen und unteren Endfläche noch mit einem Häckchen versehen, und seien diese Häckchen so gestellt, dass sie in einander einspringen, wenn die obere Fläche der einen Dose sich der unteren der anderen bis zu einer gewissen Grenze nähert. Endlich sei noch eine Einrichtung angebracht, durch welche die Häckchen sehr kurze Zeit nach dem Einspringen wieder ausgelöst werden. Dies könnte durch eine neue Explosion bewerkstelligt werden oder auch ohne merklichen Aufwand von Arbeit.

Wir denken uns jetzt ein solches Modell oben und unten angeknüpft an unbewegliche starre Körper und zwar im leeren Raume, damit wir die beim Aufblähen der Dosen gegen den Luftdruck geleistete Arbeit vernachlässigen können. In einem gewissen Augenblicke werden nun die eingeschlossenen Pulvermassen gleichzeitig entzündet. Die Verbrennungsgase werden sofort die Dosen aufblähen und die Häckchen in einander einspringen. Da aber die Spannung der Gase durch die Absorption sofort aufhört, wird jede der Dosen vermöge der elastischen Spannung der Wellblechflächen ihrer ursprünglichen Gestalt zustreben, d. i. das ganze System wird sich wie ein gedehnter elastischer Strang verhalten. Die bei der Pulververbrennung von den chemischen Verwandtschaftskräften geleistete Arbeit hat erzeugt 1^0 Wärme, 2^0 potentielle mechanische Energie in Form elastischer Spannung. Der augenblickliche Wärmeinhalt des Systems ist also nicht der ganze Betrag der Verbrennungswärme des Pulvers einschliesslich der Absorptionswärme der Verbrennungsgase. Die potentielle mechanische Energie, welche einem Theile dieser Verbrennungswärme äpuivalent ist, kann zu mechanischer Arbeit verwandt werden, ohne dass von Neuem chemische Processe im Systeme statt zu finden brauchten. Natürlich ist dies nur möglich in der kurzen Zeit, während welcher die Häckchen ineinander gehängt bleiben. Wird nicht während dieser kurzen Zeit das untere Ende des Systems beweglich gemacht, so springen nach der vorausgesetzten Einrichtung die Häckchen wieder auseinander, die einzelnen Dosen schnellen wieder in ihre ursprüngliche Form zusammen, die zeitweise vorhanden gewesene Spannung (mechanische potentielle Energie) verschwindet und unter Vermittelung der inneren Reibungswiderstände der Wellbleche wird eine äquivalente Wärme-

menge im Systeme frei, so dass schliesslich die ganze Verbrennungswärme des Pulvers als solche im Systeme vorhanden ist. Man hätte also, wenn das untere Ende des Systemes befestigt bleibt, einen Vorgang ganz analog einer isometrischen Muskelzuckung vor Augen: durch Arbeit chemischer Kräfte entsteht Wärme und potentielle mechanische Energie und die letztere verschwindet nach kurzer Zeit wieder, indem an ihrer Stelle eine äquivalente Wärmemenge entsteht.

Würde dem Systeme, solange die Häckchen zusammenhalten, gestattet, sich mit allmähliger Entlastung[1]) zusammenzuziehen, so hätte man wie bei einer Muskelzuckung unter gewissen Umständen einen Theil der Arbeit der chemischen Verwandtschaftskräfte zu mechanischer Leistung definitiv verwendet und es wäre schliesslich weniger Wärme im System, als den stattgehabten Verbrennungen entspricht. Liesse man aber in einem Falle der letzteren Art die gehobene Last schliesslich wieder herunterfallen, so würde die zeitweise zu mechanischer Leistung verwendete Arbeit der chemischen Kräfte zuletzt wieder durch innere Reibung bei der Erschütterung in Wärme verwandelt sein und wir hätten die ganze Verbrennungswärme als solche im System und zwar wäre es genau dieselbe Wärmemenge, welche bei isometrischem Verlaufe des Vorganges entsteht. denn die zeitweise vollführte mechanische Leistung war ohne neue Verbrennung erfolgt lediglich auf Kosten der durch die ursprüngliche Verbrennung entstandenen potentiellen Energie. Das eigentlich Charakteristische des Vorganges an dem gedachten Modelle ist dies: Chemische Kräfte haben nur zu arbeiten in dem ersten Akte desselben, in welchem mechanische potentielle Energie neben Wärme erzeugt wird. Die erstere könnte dann beliebig lange bestehen und schliesslich beliebig verwendet werden, ohne dass dazu von neuem Verbrennungen erforderlich sein würden.

Es scheint, wie oben schon angedeutet, als müssten bei der Muskelzuckung analoge Beziehungen zwischen der Arbeit chemischer Kräfte und der mechanischen Energie stattfinden, da man ja eben die potentielle Energie als Spannung sichtbar machen kann, die zu mechanischer Verwendung ohne Weiteres bereit zu liegen scheint, man braucht ja — so sieht es aus — zu diesem

[1]) Siehe *Fick*, mechan. Arbeit etc. S. 43.

Zwecke nur den ans untere Ende des Muskels angeknüpften Körper der Spannung frei zu überlassen.

Ich will jetzt durch Erörterung eines anderen Modelles zeigen, dass jener Schein doch trügerisch ist und dass es möglich ist, eine sichtbare mechanische Spannung durch Aufwand chemischer Arbeit hervorzubringen, welche nicht zu mechanischen Wirkungen verwendbar ist, ohne dass von neuem chemische Anziehungskräfte eine Arbeit leisten.

Man denke sich eine eng gewundene Drahtschraube senkrecht herabhängend, oben und unten an unbewegliche Körper angeknüpft, ohne jede Spannung. Man lasse nun plötzlich den Strom einer galvanischen Kette in die Schraube eintreten, sofort wird sie durch die wechselseitige elektrodynamische Anziehung ihrer Windungen eine Spannung ausüben, die an einem „Spannungszeiger" (wenigstens principiell) sichtbar gemacht werden könnte. Dieser Entstehung von Spannung oder anscheinend verfügbarer potentiellen mechanischen Energie entspricht auch offenbar ein Ausfall an entwickelter Wärme. In der That nach den bekannten Gesetzen der Induktion und der Wärmeentwickelung durch elektrische Ströme bleibt während des Schliessungsextrastromes die im ganzen System entwickelte Wärme zurück hinter dem Aequivalent der von den chemischen Kräften in der Kette während dieser Zeit geleisteten Arbeit. In Wirklichkeit ist aber diese potentielle mechanische Energie nicht ohne Weiteres verfügbar, denn um die Spannung überhaupt aufrecht zu erhalten, bedarf es eines fortdauernden Aufwandes von chemischer Arbeit in der galvanischen Kette, da die Spannung nur so lange besteht, als der Strom fliesst und mithin in der Kette chemische Processe stattfinden. Bei Oeffnung der Kette verschwindet die Spannung und dem entsprechend wird durch den Oeffnungsextrastrom mehr Wärme frei als dem chemischen Processe entspricht und so dem Princip der Erhaltung der Energie Genüge geleistet.

Wie sich dieses Modell bei mechanischer Wirkung nach Aussen bezüglich des gesammten chemischen Umsatzes verhalten wird, ist nicht leicht zu übersehen. So viel ist klar, wenn man während der Dauer des Stromes die am unteren Ende der Schraube angeknüpfte Masse der elektrodynamischen Wirkung überlässt, so wird bei der Annäherung der Windungen an einander ein Gegenstrom inducirt, mit andern Worten, der Strom geschwächt, und mithin der Verbrauch an Brennmaterial in der Kette ver-

mindert. Dem Princip der Erhaltung der Energie wird dabei genügt, indem nach Joule's Gesetz die Wärmeentwickelung in quadratischem Verhältniss der Stromstärke d. h. noch mehr als die Verbrennung eingeschränkt wird. Oeffnet man am Ende der Zusammenziehung der Schraube den Strom, so vermehrt, wie schon bemerkt, für einen Augenblick der gleichgerichtete Oeffnungsinduktionsstrom die Intensität des Kettenstromes und damit den Verbrauch an Brennmaterial und die Wärmeentwickelung, und zwar in höherem Maasse als diese beiden Posten bei der Schliessung des Stromes durch die Induktion des entgegengesetzten Stromes vermindert werden, denn jetzt sind die Windungen der Schraube einander näher als zu Anfang und üben also stärkere inducirende Wirkung aufeinander aus. Ob dieser Ueberschuss den Ausfall an chemischem Process während der Arbeitsleistung gerade genau deckt, ihn übertrifft, oder von ihm übertroffen wird, vermag ich nicht zu übersehen. Im ersten mir sehr unwahrscheinlichen Falle würde sich unser zweites Modell dem ersten genau gleichverhalten bezüglich der aufgeworfenen Frage d. h. es hätte bei isometrischem Verlaufe des Aktes genau derselbe Verbrauch an Brennmaterial statt, wie wenn mechanische Arbeit geleistet wird.

In den beiden andern Fällen, die mir, wie gesagt, weit wahrscheinlicher vorkommen, würde beim zweiten Modelle der Verbrauch an Brennmaterial ein anderer sein, wenn mechanische Wirkung ausgeübt wird, als wenn der Akt isometrisch verläuft und zwar kostete die Unterhaltung der gleichen Spannung entweder mehr oder weniger Brennmaterial als die Zusammenziehung mit mechanischer Wirkung nach aussen. Einige freilich nur wenig genaue Versuche an einem Helmholzischen elektrischen Motor, der sich ja ähnlich verhalten dürfte, wie die einfache elektrodynamische Drahtschraube, machen es mir wahrscheinlich, dass der Brennmaterialverbrauch der arbeitenden Maschine geringer ist als der Verbrauch bei dauernder Erhaltung der Spannung durch eine Zeit, die der Summe der Stromzeiten bei arbeitender Maschine gleich ist.

Die gewiss sehr interessannte Frage, wie sich in dieser Beziehung der Muskel verhält, scheint nun mit Hülfe der in meiner oben citirten Schrift beschriebenen Methoden einer experimentellen Beantwortung zugänglich. Es würde ein Missverständniss sein, zu glauben, dass in schon veröffentlichten Versuchen Material

zur Beantwortung der uns beschäftigenden Frage enthalten wäre. Allerdings hat *Heidenhain* schon vor geraumer Zeit die Wärmemenge, welche der gereizte und an der Verkürzung gehinderte Mnskel entwickelt, verglichen mit der, welche er bei freier mechanische Arbeit leistender Zuckung liefert und bekanntlich fand er die letztere bedeutend kleiner. Dies sind aber nicht die beiden Fälle, welche es jetzt zu vergleichen gilt, denn bei der freien Zuckung ist in keinem Angenblicke die potentielle mechanische Energie, welche die Arbeit zu leisten scheint, als solche sichtbar vorhanden. Um unsere Frage zu beantworten, mnss der Muskelakt so geleitet werden, dass nach der Reizung zuerst ohne Verkürzung die volle Spannung (die potentielle Energie) sichtbar zu Stande kommt und dann muss ihr gestattet werden, Arbeit bei Verkürzung des Muskels zu leisten. Da kann es sich dann zeigen, ob diese Arbeit auf Kosten der vorher zur Erzeugnng der Spannung geleisteten chemischen Arbeit geschieht oder ob neue Verbrennungen nöthig sind, oder ob vielleicht drittens die mechanische Arbeit sogar weniger Verbrennung erfordert, als die blosse weitere Erhaltung der allmählich schwindenden Spannnng bei weiterem rein isometrischem Verlaufe der Zuckung bis ans Ende. Hierzu bedarf es aber der oben erwähnten neuen Methoden, welche in der citirten Schrift beschrieben sind.

Dem Versuchsplane ist nur noch eine Erinnerung vorauszuschicken.

Der gesammte Betrag des Verbrauches an Brennmaterial beim Muskelakte ist leicht zu messen, als im Muskel entstandene Wärmemenge resp. Temperaturerhöhung des Muskels, wenn man den Akt allemal so verlaufen lässt, dass schliesslich keine äussere Wirkung ausgeübt ist, dass also ein etwa zeitweilig gehobenes Gewicht schliesslich wieder herabfällt. Die beiden Arten des Zuckungsverlaufes kann man auf folgende Weise zu Stande bringen.

Bei der nachfolgenden Beschreibung der Versuche beziehe ich mich der Kürze wegen ohne Weiteres auf Seitenzahlen und Figuren meiner Schrift über „Arbeitsleistnng und Wärmeentwickelung bei der Muskelthätigkeit". Es sei das S. 11 und 166 beschriebene Präparat in der Fig. 1 dargestellten Weise im Myographion befestigt, und die vordere Schneide der Thermosäule (s. S. 166) zwischen die Muskelmassen eingeschoben. Auf die

Wagschale des Myographion wird ein Gewicht (meist waren es 200 gr) aufgelegt und nun das den Stahlhebel mit dem Spannungszeiger verbindende Häckchen c Fig. 1 eingehängt und mittels einer im Verbindungsstück zwischen Muskel und Stahlhebel ausserhalb der feuchten Kammer angebrachten kleinen Schraubenvorrichtung der Hebel noch soweit gehoben, dass bei gerade gestrecktem Verbindungsfaden der Spannungszeiger auf Null einsteht. Die wirkliche Anfangsspannung des Muskels selbst ist alsdann nicht Null, sondern $^1/_{10}$ von der auf der Schale liegenden Last. Man kann nun durch einen auf den Nerven wirkenden Induktionsschlag eine Zuckung auslösen, welche, wenn keine weitere Vorrichtung ins Spiel tritt, isometrisch verläuft. Die Spannungskurve zeichnet sich an die S. 95 beschriebene und Fig. 23 abgebildete Trommel an und die Ablenkung des Thermomultiplikators, aus der ersten Schwingung bestimmt, gibt das Maass für die entwickelte Wärme resp. für den Verbrauch an Brennmaterial.

Man kann nun aber den isometrischen Verlauf der Zuckung in einem beliebigen Stadium abbrechen und dem Muskel gestatten, sich zusammenzuziehen mit Hebung der auf der Wagschale liegenden Last. Hierzu dient eine Vorrichtung, deren Funktion auch ohne besondere Abbildung leicht verständlich sein wird. In der citirten Schrift ist S. 57 schon erwähnt, dass an das den Hebel mit dem Spannungszeiger verknüpfende Häckchen ein Faden zum Abziehen desselben befestigt ist. Dieser Faden wird so an einen federnden Stahlstreif angebunden, dass er schlaff ist, wenn man den Stahlstreif niederbiegt, dass aber dieser letztere beim Emporschnellen in die Gleichgewichtslage den Faden spannt und das Häckchen abzieht. An dem freien Ende des Stahlstreifes ist nun noch ein zweiter Faden angeknüpft, der an seinem Ende ein kleines Eisenstück trägt, das so lange der Stahlstreif sich in der Gleichgewichtslage befindet, in einiger Entfernung über einem Elektromagnet schwebt. Durch Herabziehen des Eisenstückes bis zu den Polen des Elektromagnetes biegt man den Stahlstreif herunter soweit, dass das Häckchen am Spannungszeiger eingehängt werden kann, und dass dieser mithin, so lange der Elektromagnet das Eisenstückchen festhält, die Verbindung mit dem Spannungszeiger herstellt. Sowie dann aber der den Elektromagneten umkreisende Strom unterbrochen wird, schnellt der Stahlstreif auf, reisst das Häck-

chen ab und der Muskel kann sich zusammenziehend den Hebel aufwerfen. Nach dem Wurfe fällt er unter der Last auf der Schale wieder herab und zuletzt ist der zur Ruhe zurückgekehrte Muskel wieder wie zu Anfang mit dieser Last im Gleichgewichte, so dass keinerlei äussere Arbeit geleistet ist und man also in der entwickelten Wärme das Maass der während des ganzen Aktes geschehenen chemischen Processe vor sich hat.

Um nun, wie es der entwickelte Versuchsplan verlangt, in einem bestimmten Augenblicke den reizenden Induktionsschlag dem Nerven beizubringen und dann in einem bestimmten Stadium der bis dahin isometrisch verlaufenden Zuckung das Häckchen abreissen zu lassen, sind an der unteren Fläche der Trommel des Myographion zwei Zapfen angebracht, welche in je nach der Stellung kürzerem oder längerem Zeitintervalle zwei Contakte unterbrechen. Der erste Contakt ist eingeschaltet in den primären Strom des Induktors, dessen sekundärer Kreis den Nerven enthält. Der zweite Contakt schliesst den Strom des vorhin erwähnten Elektromagneten.

Ein Versuch dieser zweiten Art verläuft also folgendergestalt. Nachdem Alles wie oben beschrieben vorgerichtet ist, werden die beiden in geeignete Entfernung gestellten Contakte geschlossen, das Häckchen des Spannungszeigers kann also eingehängt werden. Nachdem dies geschehen ist, wird die Trommel auf die loc. cit. S. 96 beschriebene Weise in Bewegung gesetzt. Sowie nun der eine Zapfen den ersten Contakt öffnet, erfolgt der Induktionsschlag und die Zuckung verläuft anfangs isometrisch, der Zeichenstift des Spannungszeigers verzeichnet seine abwärts von der Abscissenlinie gehende Curve, während der Zeichenstift des Hebels sich nur um eine Spur über seine Abscissenlinie erhebt und eine nahezu gerade Linie weiter zeichnet.

In dem Augenblicke, wo die Spannung den höchsten Grad erreicht hat — wir wollen annehmen, für diesen Zweck sei die Entfernung der beiden Contakte bemessen gewesen — öffnet sich der zweite Contakt, das Häckchen wird losgerissen, damit bricht die Curve des Spannungszeigers plötzlich ab, sein Zeichenstift registrirt einige rapide selbständige Schwingungen und in demselben Augenblicke hebt sich der Zeichenstift des Hebels aus seiner geraden Linie, um eine Wurfkurve zu verzeichnen.

Fig. 1 (dieser Abhandlung) gibt ein Bild von den graphischen Ergebnissen einer Versuchsreihe, welche sich aus abwech-

selnden rein isometrischen und mit Wurf endigenden Zuckungen zusammensetzt.

Vom ruhenden Zeichenstift des Hebels werden wagrechte Linien in der Höhe *a b*, vom ruhenden Zeichenstifte des Spannungszeigers wagrechte Linien *c d* gezeichnet. Die Schaar von fast sich deckenden Curven *c e d*, welche unter *c d* herabsteigen, ist das graphische Ergebniss derjenigen Versuche der Reihe, bei welchen die Zuckung ohne Loslassen des Hebels rein isometrisch verlief. Aus dieser Schaar erheben sich zwei steil aufsteigende Striche mit 6 und mit 8 bezeichnet nach kurzem Knicke. Sie entsprechen zwei Versuchen der zweiten Art. Die steil aufsteigenden Striche stellen die Anfänge der raschen Schwingungen dar, in welche natürlich der Spannungszeiger geräth, sowie seine Verknüpfung mit dem Hebel gelöst ist. Der weitere Verlauf dieser Schwingungen ist um die Figur nicht zu verwirren, weggelassen. In diesen mit No. 6 und No. 8 bezeichneten Versuchen unserer Reihe muss nun der Zeichenstift des grossen Hebels an den betreffenden Stellen die gerade (oder ganz leicht nach oben ausgebogene) Linie *a b* verlassen, um eine nach oben steigende Wurfkurve zu verzeichnen. Die beiden Wurfkurven sind ebenfalls mit den Zahlen 6 und 8 bezeichnet. In dem Versuche No. 6 geschah, wie die Anschauung unmittelbar zeigt, die Befreiung des Muskels erst zu einer Zeit, wo die Spannung schon sehr gesunken war, daher denn auch die Wurfskurve nur eine geringe Höhe erreichte. In dem Versuche No. 8 erfolgte die Befreiung in dem Augenblicke, wo der Muskel eben das Maximum der Spannung erreicht hatte, welchem Umstande eine sehr steil ansteigende, hoch hinaufgehende Wurfkurve entspricht.

Dies eine graphische Beispiel wird den Gang der Versuche anschaulich zu machen genügen. Von den übrigen Versuchsreihen gebe ich nur die beobachteten Wärmeeffekte numerisch in tabellarischer Zusammenstellung, zu deren Verständniss nur noch wenige Worte nöthig sind.

Man weiss aus den Versuchen *Heidenhains* und anderer Forscher, dass die Wärmeentwickelung bei der Zuckung, auch wenn alle übrigen Bedingungen möglichst gleich gehalten werden, mit der Ermüdung abnimmt. Man kann also, wenn zwei Versuche verschiedener Art aufeinander folgen und der spätere Versuch weniger Wärme liefert, nicht ohne Weiteres schliessen, dass unter den Bedingungen des späteren Versuches überall

weniger Wärme frei wird als unter den Bedingungen des früheren, denn es könnte ja die Ermüdung durch den ersten Versuch allein schon die Verringerung der Wärmeentwickelung herbeigeführt haben. Diesen Ermüdungseinfluss gilt es also zu eliminiren und dies kann einigermassen geschehen durch den von *Ed. Weber* in die Methodik der Muskelphysiologie eingeführten Kunstgriff. Man lässt Versuche der beiden Arten regelmässig wechseln und vergleicht das numerische Ergebniss eines Versuches der einen Art mit dem arithmetischen Mittel aus den Ergebnissen des vorhergehenden und des nachfolgenden Versuches der andern Art.

Auf diese Art sind die Zahlen der dritten Spalte in der nachstehenden Tabelle berechnet, und es ist allemal auf gleiche Linie neben einem einzelnen Versuch in der zweiten Spalte das Mittel aus dem vorhergehenden und nachfolgenden Versuche der andern Art in der 3ten Spalte verzeichnet. Vergleichbar sind also immer nur 2 auf gleicher Linie nebeneinanderstehende Zahlen. Um leicht sichtbar zu machen, ob die grössere Ablenkungszahl einer isometrischen oder einer Wurfzuckung entspricht, sind alle Zahlen, welche sich auf Wurfzuckungen beziehen, fett gedruckt, mögen sie nun in der zweiten Spalte stehend einzelnen Versuchen entsprechen, oder als Mittel aus je zwei Wurfversuchen in der dritten Spalte stehen.

Bezeichnung der Versuchsweise	Ablenkung des Thermomultiplikators	Mittel aus dem vorhergehenden u nachfolgenden Versuche.	Bemerkungen.
Versuchsreihe vom 20. IV. 1882 Vormittags.			
Isometrisch	33		
Mit Wurf	**27**	29	
Isometrisch	25	**29,5**	
Mit Wurf	**32**	28	
Isometrisch	31		
Versuchsreihe vom 20. IV. Nachmittags			
Isometrisch	18		
Mit Wurf	**21**	17	
Isometrisch	16	**20**	
Mit Wurf	**19**	16,5	
Isometrisch	17		
Versuchsreihe vom 26. IV. 1882.			
Isometrisch	18		
Mit Wurf	**17**	16,5	Wurf erst am Ende der Zuckung
Isometrisch	15	**17,5**	
Mit Wurf	**18**	14,5	
Isometrisch	14		

Bezeichnung der Versuchsweise	Ablenkung des Thermo-multiplikators	Mittel aus dem vorhergehenden u. nachfolgenden Versuche	Bemerkungen.
	Versuchsreihe vom 29. IX. 1882.		
Isometrisch	22		
Mit Wurf	**22**	20	
Isometrisch	18	**21,5**	
Mit Wurf	**21**	18,5	
Isometrisch	19	**23.5**	
Mit Wurf	**26**		
	Versuchsreihe vom 30. IX. 1882.		
Isometrisch	30		
Mit Wurf	**36**	26,5	
Isometrisch	23	**36.5**	
Mit Wurf	**37**	24	
Isometrisch	25		
Isometrisch	29		Auch die graphische Darstellung dieser Versuchsreihe zeigt grosse Regelmässigkeit. Die Wurfhöhen sind meist bedeutend.
Mit Wurf	**29**	25,5	
Isometrisch	22	**29**	
Mit Wurf	**29**	22,5	
Isometrisch	23	**28**	
Mit Wurf	**27**	22	
Isometrisch	21	**29**	
Mit Wurf	**31**	21,5	
Isometrisch	22	**28.5**	
Mit Wurf	**26**	22,5	
Isometrisch	23	**26,5**	
Mit Wurf	**27**	22	
Isometrisch	21	**27,5**	
Mit Wurf	**28**	23	
Isometrisch	25		
Freie Zuckung	21		
	Versuchsreihe vom 5. X. 1882.		
Isometrisch	17		In diesen Versuchsreihen waren die Wurfhöhen sämmtlich sehr gering.
Mit Wurf	**16**	18,5	
Isometrisch	20	**18,5**	
Mit Wurf	**21**	21	
Isometrisch	22	**19,5**	
Mit Wurf	**18**	19	
Isometrisch	16	**15.5**	
Mit Wurf	**13**		
	Versuchsreihe vom 16. X. 1882.		
Isometrisch	23		
Mit Wurf	**22**	22,5	
Isometrisch	23	**23**	
Mit Wurf	**24**	20	Sehr bedeutender Wurf.
Isometrisch	17	**20,5**	
Mit Wurf	**17**		

Ueberblickt man die vorstehende Tabelle und vergleicht die nebeneinanderstehenden Zahlen, so springt sofort in die Augen, dass mit einigen Ausnahmen die Wurfzuckungen grössere Ablenkungen des Multiplikators also grössere Wärmemengen geliefert haben, als die isometrischen, oder dass bei den Wurfzuckungen ein grösserer Verbrauch an Brennmaterial stattgefunden hat, da ja auch bei ihnen das volle Aequivalent der Verbrennungen als Wärme erscheinen musste. Die einzige Versuchsreihe, welche durchweg ein entgegengesetztes Verhalten aufweist, ist die vorletzte, doch sind hier die Differenzen sehr gering und überdies gehört sie schon fast zu den gänzlich misslungenen, da, wie am Rande bemerkt ist, die Wurfhöhen in ihr sämmtlich äusserst geringe waren. In den übrigen Reihen kommen nur einige wenige Ausnahmen vor, die man wohl besonderen Zufälligkeiten auf Rechnung zu setzen berechtigt ist. In der gelungensten und längsten von allen Versuchsreihen (30. IX. 82) kommt nicht eine Ausnahme vor und die Differenzen sind so gross, dass jeder Gedanke an Zufälligkeiten und Versuchsfehler ausgeschlossen ist. Ich glaube hiernach wenigstens mit grosser Wahrscheinlichkeit die eingangs gestellte Frage dahin beantworten zu dürfen: Bei einer einfachen Zuckung, welche anfangs isometrisch verläuft, wird nicht in diesem ersten Stadium ein Vorrath mechanischer potentieller Energie erzeugt, welcher im zweiten Stadium ohne weitere chemische Processe zu mechanischer Leistung verwendbar wäre, vielmehr löst die Zusammenziehung auf der Höhe der Spannung neue chemische Processe aus, deren Betrag noch grösser ist als der Betrag der chemischen Processe welche höchst wahrscheinlich auch dann im zweiten Stadium der Zuckung stattfinden, wenn die ganze Zuckung isometrisch verläuft.

Das Ergebniss meiner Versuche war nicht wohl vorauszusehen, man hätte eher das Entgegengesetzte erwarten dürfen. In der That schien nach den Untersuchungen *Heidenhain*'s vorzüglich die Spannung massgebend für den Stoffverbrauch. Man hätte hiernach vermuthen können, dass eine ganz isometrisch verlaufende Zuckung mehr Brennmaterial beanspruche als eine anfangs isometrisch dann mit Verkürzung verlaufende, da bei ersterer durch längere Zeit hohe Spannungswerthe zu erhalten

sind. Bei näherer Ueberlegung sieht man indessen sogleich, dass aus den bisher bekannten Erscheinungen überhaupt keine gegründete Vermuthung über das zu erwartende Ergebniss der hier mitgetheilten Versuche geschöpft werden konnte, da die letzteren unter ganz abweichenden Bedingungen angestellt sind, die sich nur mit Hülfe der neuen Methoden verwirklichen liessen. Die einzigen älteren Versuche, welche mit den vorliegenden in einigen Punkten Aehnlichkeit haben, sind die *Heidenhain*'schen Versuche mit Ueberlastung, und ich vermuthe in der That, dass bei solchen Versuchen vielleicht unter Umständen eine Zuckung, mit überwindbarer Ueberlastung eine grössere Wärmemenge liefert als eine mit unüberwindlicher (isometrische), obgleich bei Ueberlastungsversuchen anders wie bei der gegenwärtigen die Zusammenziehnng immer nur in das Stadium der wachsenden Spannung fallen kann.

Nehmen wir als bewiesen an, dass bei einer einfachen Zuckung niemals ein Vorrath von mechanischer potentieller Energie verfügbar wird, oder ohne neue Verbrennung wie die Energie einer gespannten Feder zu mechanischen Leistungen verwendet werden kann, so könnte man doch immer noch vermuthen, dass sich die Sache beim Tetanus anders verhielte. Auf jeden Tetanus folgt eine oft sehr lange dauernde Verkürzung des Muskels, die nur sehr allmählig schwindet und die wohl jeder geneigt ist anzusehen als einen neuen Gleichgewichtszustand — gewissermassen als eine Schrumpfung — während dessen im Innern der Muskelsubstanz keine lebhaften chemischen Processe stattfinden. Dieser neue Zustand ist um so stärker entwickelt und dauert um so länger, je länger der Tetanus gedauert hat. Lässt man einen Tetanus mit Hilfe des Spannungszeigers isometrisch verlaufen, so zeigt diese Vorrichtung nach beendetem Reize den veränderten Zustand der Muskeln in einem Rückstande von Spannung an, wie das gewöhnliche Myographion den Rückstand der Verkürzung. Hier wo es sich um einen ganze Sekunden dauernden Zustand handelt, drängt sich doch von Neuem die Frage auf: Sollte da nicht bei verhinderter Verkürzung potentielle Energie in rein mechanischer Form vorhanden sein, die ohne neue Steigerung des chemischen Processes verwendbar ist. Ich sage mit Absicht „Steigerung des chemischen Processes," denn irgend ein chemischer

Process muss ja in dem nach beendeten Tetanus allmählich sich wieder ausdehnenden resp. wieder erschlaffenden Muskel stattfinden, da ja ohne innere Veränderung die Beziehung zwischen Spannung und Länge der Fasern auch keine Aenderung erfahren könnte. Wir werden uns aber diesen Process doch von ganz anderer Art vorstellen als den, welcher die Spannung resp. die Verkürzung ursprünglich erzeugt und dass dieser wieder angefacht werden sollte lange nach Aufhören des Reizes durch die blosse Freigebung des Muskelendes hat wenig Wahrscheinlichkeit.

Ich habe versucht, auch diese Frage experimentell zu entscheiden. Die Aufgabe ist jetzt offenbar folgende: Der Muskel ist während einer genau bestimmten Zeit (vom Nerven aus) zu tetanisiren. Während der Dauer des Reizes ist er allemal an der Verkürzung zu verhindern. Nach Beendigung des Reizes, während die Spannung sinkt, ist dann in Versuchen einer Art dem Muskel eine gewisse Masse zum freien Emporschnellen zu überlassen, während er bei den Versuchen der anderen Art bis zu vollständiger Wiedererschlaffung an der Verkürzung gehindert bleibt. In allen Fällen aber wird die Erwärmung durch Thermosäule und Multiplikator gemessen. Es braucht wohl kaum ausdrücklich erwähnt zu werden, dass auch hier in den Versuchen mit mechanischer Arbeit, diese letzteren durch schliessliches Herabfallen der zeitweise gehobenen Last wieder rückgängig gemacht wird.

Zur Lösung dieser Aufgabe dienten im wesentlichen dieselben Vorrichtungen wie zu den Zuckungsversuchen. Nur mussten zur Reizung der Nerven und zum Abreissen des den Myographionhebel mit dem Spannungszeiger verknüpfenden Häckchens etwas andere Veranstaltungen getroffen werden. Zum Tetanisiren diente der in Ludwigs Laboratorium konstruirte von *Bohr*[1]) beschriebene Schlagwähler so justirt, dass er nur Oeffnungsschläge liefert. Ich muss indessen hier beiläufig sagen, dass ich bei dieser sowohl wie bei vielen unten zu beschreibenden Versuchen den sehr sinnreich konstruirten Apparat keineswegs einem gewöhnlichen *Wagner*'schen Hammerwerke sehr überlegen fand, bezüglich der Gleichmässigkeit des erzeugten Tetanus. Um die vom Schlagwähler gelieferte unbegränzte Reihe von Induktionsschlägen während einer begränzten immer gleichen Zeit auf den Nerven

[1]) Arch. f. Anat. u. Physiolog., physiolog. Abth. 1882. S. 223 u. ff.

des Präparates wirken zu lassen, diente folgende Vorrichtung. Ein grosses Pendel mit Laufgewicht an der oberen Verlängerung der Stange (ähnlich einem Metronom), wurde immer aus derselben Elongation von einem Elektromagnet losgelassen und nach Vollendung seines Hin- und Herschwingens von demselben wieder aufgefangen, indem der Strom des Elektromagnets nur für ganz kurze Zeit unterbrochen und dann wieder hergestellt wurde. An dem Pendel ist ein Platindrahtbügel befestigt, dessen beide Enden beim Hinschwung in zwei Quecksilbergefässe eintauchen und sich also beim Rückschwunge wieder herausheben. Die Zeit, während welcher der Bügel eine Brücke zwischen den beiden Quecksilbergefässen bildet, kann somit verändert werden durch höher und tiefer Stellen der Gefässe oder durch Aenderung der Schwingungsdauer des Pendels, die bis auf 4″ gebracht werden kann. Die beiden Quecksilbergefässe mit dem Bügel bilden einen Theil des Kreises, in welchem die sekundäre Rolle des Induktionsapparates des Schlagwählers und des Nerven enthalten sind, so dass der Nerv so lange Schläge erhält, als der Bügel mit beiden Enden in Quecksilber eintaucht.

Durch einen etwas verwickelten Kunstgriff, dessen Beschreibung füglich unterbleiben kann, unterbricht das Pendel kurz nach Auftauchen des Bügels aus dem Quecksilber den Strom desjenigen Elektromagnets, der die Feder am Myographion hindert, das Häckchen vom Hebel abzureissen. Die Zwischenzeit kann ebenfalls durch Verstellnng zweier Quecksilbergefässe verlängert und verkürzt werden. Wird diese zweite Vorrichtung gar nicht in Spiel gesetzt, so bleibt das Häkchen des Spannungszeigers am Hebel hängen und das Stadium der Erschlaffung nach dem Tetanus verläuft ebenso isometrisch wie dieser selbst.

Der Ausführung recht entscheidender Versuche stellen sich, wie man leicht sieht, eigenthümliche, in der Natur der Sache liegende Schwierigkeiten in den Weg. Man sollte nämlich eigentlich den auf den Tetanus folgenden Contrakturzustand in recht hohem Maasse entwickeln. Dazu gehört aber ein lange dauernder Tetanus und ein solcher ist für unsere Versuche aus verschiedenen Gründen nicht verwendbar. Einmal ermüdet ein lange dauernder Tetanus den Muskel so, dass nicht viele vergleichbare Versuche nach einander mit demselben Objekt angestellt werden können. Zweitens wird bei einem lange dauernden

Tetanns schon ohnehin so viel Wärme entwickelt, dass die kleinen Unterschiede, welche bei den zwei Versuchsweisen zu erwarten sind, leicht durch andere zufällige Unterschiede verwischt werden können. Endlich muss die Dauer des ganzen Versuches kleiner sein als die Schwingungsdauer der Magnetnadel. Man kann somit die Dauer des Tetanus nicht über 1 oder höchstens 2″ Sekunden ansdehnen, und auf einen so kurz dauernden Tetanus folgt auch nur ein kurz dauernder Contrakturzustand. Da muss denn bei den Wurfversuchen die Auslösung des Hebels sehr kurze Zeit nach Beendigung des Reizes bewerkstelligt werden, was eine sehr subtile Einstellung der diese Auslösung bewirkenden Stromunterbrechung erfordert. Da aber die dazu dienende Vorrichtung in den Tetanusversuchen nicht so einfach sein konnte wie in den Zuckungsversuchen, so traten sehr leicht Störungen durch zu frühe oder zu späte Auslösung des Myographionhebels ein. Dazu kommt noch, dass Tetanusversuche, selbst wenn die Dauer des Tetanus auf 1 bis 2″ beschränkt bleibt, den Muskel viel mehr verändern als Zuckungsversuche. Es hat daher viel grössere Schwierigkeiten, eine regelmässige Versuchsreihe mit Tetanus als mit Zuckung zu Stande zu bringen und man begreift, dass unter den vielen Versuchsreihen, die ich angestellt habe, nur wenige als wirklich gelungen betrachtet werden konnten.

Der Gang eines Tetanusversuches mit Wurf im Stadium des Wiedererschlaffens wird anschaulich durch Fig. 2 (dieser Abhandlung) welche die graphische Darstellung eines solchen Versuches in genauer Copie gibt. Die Curven erscheinen weniger gestreckt, weil die Myographiontrommel nicht so schnell gedreht wurde wie in den Zuckungscurven. Man sieht, wie die Curve des Spannungszeigers, die unter die wagrechte Linie a b herabgeht, beim Punkte c schon wieder anfängt anfwärts zu biegen, den Beginn der Erschlaffung beim Aufhören des Reizes anzeigend. Im Punkte d knickt sie sodann plötzlich in einen Zickzack ab, der die freien Schwingungen des losgelassenen Spannungszeigers zur Darstellung bringt. Der Zeichenstift des Hebels erhebt sich aus der horizontalen f g nur eine Spur, solange der Hebel mit dem Spannungszeiger verknüpft ist, beim Punkte h aber, zeitlich entsprechend dem Punkte d in der Spannungscurve, steigt der frei gewordene Hebel schnell auf und sein Zeiger zeichnet die in einige Schwingungen auslaufende Wurfcurve h l m. Die Dauer der Reizung betrug in allen Versuchen etwa 1,33″.

Die numerischen Ergebnisse von 4 einigermassen regelmässig verlaufenen Versuchsreihen sind in nachstehender Tabelle verzeichnet, die nach den Erklärungen über die Tabelle S. 11 ohne Weiteres verständlich ist. Auch sind um die Vergleichung zu erleichtern, alle Zahlen, welche auf Wurfversuche Bezug haben, fett gedruckt.

Bezeichnung der Versuchsweise	Ablenkung des Thermomultiplikators	Mittel aus dem vorhergehenden u. nachfolgenden Versuche	Bemerkungen
	Versuchsreihe vom 20. IV. 1883.		
Isometrisch	99		
Mit Wurf	**101**	89,5	
Isometrisch	80	**89,5**	
Mit Wurf	**78**	72,5	
Isometrisch	63	**68**	
Mit Wurf	**58**	56,5	
Isometrisch	50	**53**	
Mit Wurf	**48**	47	
Isometrisch	44	**44,5**	
Mit Wurf	**41**	40	
Isometrisch	36	**36,5**	
Mit Wurf	**32**		
	Versuchsreihe vom 23. IV. 1883.		
Isometrisch	90		Die Curven dieser Reihe zeigen bei den Wurfversuchen eine sehr frühe Auslösung des Hebels, vielleicht noch vor vollständigem Ablauf des Reizes.
Mit Wurf	**109**	76,5	
Isometrisch	63	**107**	
Mit Wurf	**105**	61	
Isometrisch	59	**104,5**	
Mit Wurf	**104**	59,1	
Isometrisch	60	**89,5**	
Mit Wurf	**75**	66,5	
Isometrisch	73	**84,5**	
Mit Wurf	**94**	60,5	
Isometrisch	48	**80,5**	
Mit Wurf	**67**	53,5	
Isometrisch	59		
Freier Tetanus	21		
	Versuchsreihe vom 24. IV. 1883.		
Isometrisch	179		
Mit Wurf	**163**	172	Sehr kleiner Wurf.
Isometrisch	166	**162**	
Mit Wurf	**161**	158	
Isometrisch	151	**144**	
Mit Wurf	**128**	126	
Isometrisch	101		

Bezeichnung der Versuchsweise	Ablenkung des Thermomultiplikaters	Mittel aus dem verhergehenden u. nachfolgenden Versuche	Bemerkungen
Versuchsreihe vom 27. IV. 1883.			
Isometrisch	198		
Mit Wurf	181	185	
Isometrisch	172	160	
Mit Wurf	139	145	
Isometrisch	118	129	
Mit Wurf	120		

Im Ganzen scheinen die Zahlen der vorliegenden Tabelle dafür zu sprechen, dsss auch der einem Tetanus folgende Contrakturzustand nicht als ein solcher betrachtet werden kann, in welchem durch vorausgegangene chemische Arbeit erzeugte potentielle Energie in mechanischer Form vorhanden wäre, die nun ohne Weiteres für mechanische Leistungen verwandt werden könnte; denn fast durchgängig sind auch hier wie bei den Zuckungsversuchen die Wärmemengen in den Wurfversuchen grösser als in den isometrischen. Wo Abweichungen vorkommen, sind sie klein und unregelmässig.

Eine besondere Betrachtung verdient noch die zweite Reihe der Tabelle (überschrieben 23. April 1883). Hier übertreffen die bei den Wurfversuchen entwickelten Wärmemengen die der isometrischen in einem ganz unerwarteten Maasse. Die daneben stehende Bemerkung weist nun in der That auf einen besonderen Umstand hin, dass nämlich die Befreiung des Hebels vielleicht etwas vor Beendigung des Reizes geschah. Hierauf deutet nämlich die Form der Curven in der graphischen Darstellung. Wenn sich dies wirklich so verhielt, dann lehrt uns die fragliche Reihe noch etwas Neues. Sie zeigt nämlich dann, dass ein Reizanstoss im schon gespannten Muskel eine intensivere Verbrennung auslöst, wenn dem Muskel gestattet ist, sich zu kontrahiren, als wenn der neue Reizanstoss bloss dazu führt, die bestehende Spannung bei gleicher Länge zu erhalten.

Durch die vorstehend erörterten Versuche dürfte wenigstens mit grösster Wahrscheinlichkeit bewiesen sein, dass im Muskel nicht zum Voraus potentielle mechanische Energie durch chemische Arbeit erzeugt und zu mechanischen Leistungen verfügbar gehalten werden kann, dass vielmehr der die mechanischen Leistungen compensirende chemische Process nothwendig zur Zeit dieser Leistungen selbst stattfinden muss. Der innere Mecha-

nismus der Muskelsubstanz wäre hiernach in dieser Beziehnng eher dem einer electro-dynamischen Maschine vergleichbar, als dem eines Apparates, in welchem durch Explosionen elastische Körper gespannt werden, die dann durch ihre rein mechanischen Kräfte die Arbeit leisten.

Im Anschlusse an die hier mitgetheilten Versuchsreihen habe ich eine ältere Untersuchung mit den vervollkommneten Hülfsmitteln wiederholt, die eine Frage behandelte, welche mit der eingangs aufgeworfenen in Zusammenhang steht. In einer vor 10 Jahren erschienenen Abhandlung[1]) habe ich nachgewiesen: Wenn man einem Muskel, der bei merklich gleicher Spannung erhalten wird, während einer bestimmten Zeit vom Nerven aus periodisch Reizanstösse ertheilt und die Frequenz derselben von Versuch zu Versuch wachsen lässt, so wächst der durch die Wärmeentwickelung gemessene Stoffumsatz im Muskel nicht von Versuch zu Versuch. Es ist vielmehr bei einer gewissen Frequenz, bei welcher der Muskel in der bestimmten Zeit möglichst viele vollständig getrennte Zuckungen ausführt, die entwickelte Wärmemenge grösser als bei höheren Frequenzen, die einen stetigen Tetanus hervorbringen. Erst bei sehr viel höheren Werthen der Reizfrequenz kann die Wärmemenge erreicht werden, welche bei den getrennten Zuckungen entwickelt wird. Diese mich selbst damals sehr überraschende Erscheinung beweist offenbar, dass fortwährend konstante Spannung vorausgesetzt, ein neuer Reiz im Muskel einen viel ausgiebigeren Stoffumsatz anregt, wenn er ihn nach vorhergegangener Wiederausdehnung zu einer neuen Zusammenziehung veranlasst, als wenn er bloss eine vorhandene Verkürzung (Fall des Tetanus) erhält, mag auch diese aufrecht erhaltene Verkürzung bedeutender sein als jene neue Verkürzung des anderen Falles. Oder jene Thatsache beweist, dass bei jeder Wiederausdehnung des Muskels ein namhafter Stoffumsatz im Muskel stattfindet; in der That könnte man ja annehmeu, „jeder neue Reizanstoss löst denselben Betrag von Stoffumsatz aus, mag er so rasch auf den vorhergehenden folgen, dass nur die bestehende Verkürzung erhalten wird oder so lang-

[1]) Ueber die Wärmeentwickelung bei Zusammenziehung der Muskeln. Beiträge zur Anatomie und Physiologie, als Festgabe *Carl Ludwig* gewidmet. Leipzig 1874. S. 153.

sam, dass vorher eine Wiederausdehnung stattfinden kann, aber im letzteren Falle bedingt eben diese Ausdehnung einen Stoffumsatz, welcher im ersteren nicht eintritt". In der That würde auch diese Annahme erklären, dass bei getrennten isotonischen Zuckungen mehr Wärme frei wird als bei isotomischem Tetanus von gleicher Dauer. Angesichts der im ersten Theile dieser Abhandlung mitgetheilten Versuche ist indessen die erste Annahme viel wahrscheinlicher, wenn sie auch die zweite keineswegs ansschliessen.

Es ensteht nur die Frage, ob ein entsprechendes Maximum der Wärmeentwickelung zu beobachten ist, wenn man bei isometrischem Verlaufe des Muskelaktes periodische Reizanstösse während einer bestimmten Zeit wirken lässt mit von Versnch zu Versuch steigender Frequenz. Diese Frage, so einfach thatsächlich gestellt, ist in der früheren Abhandlung von mir auch schon beantwortet worden. Es heisst nämlich daselbst S. 164: „Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die Bevorzugung derjenigen Häufigkeit der Reize, bei welcher möglichst viele getrennte Zucknngen in der Zeiteinheit entstehen, fortfällt, wenn man den Muskel an der Znsammenziehung ganz hindert. (Isometrischer Verlauf des Muskelaktes). In diesem Falle ensteht einfach um so mehr Wärme, je häufiger die Reizanstösse sich folgen. Ich habe nicht versäumt, mich hiervon durch besondere Versnche zu überzeugen."

So selbstverständlich wie damals erscheint mir die Sache nun jetzt allerdings nicht mehr. Es wäre ja denkbar, dass sich jenem Satze über den isotonischen Verlauf des Muskelaktes folgender über den isometrischen Verlauf ganz analog an die Seite stellte: „Wenn in einer periodischen Reihe von Reizanstössen bei gleichgehaltener Länge der folgende Anstoss den Muskel schon wieder erschlafft trifft und ihn somit von neuem in Spannung versetzt (isometrische Zuckungen), so löst er einen grösseren Betrag von Stoffnmsatz aus, als wenn er schneller auf den vorgehenden folgend bloss bewirkt, dass die schon bestehende Spannung erhalten bleibt (isometrischer Tetanns)."

Der so ausgedrückte Satz ist nun durch die in der früheren Abhandlung erwähnten Versuche keineswegs bewiesen. Da nämlich in jenen Versuchen kein Spannungszeiger angewendet war, so konnte ich mich nicht überzeugen, dass in den Versuchen mit geringeren Reizfrequenzen der Zustand des Muskels wirklich

zwischen Spannung und Erschlaffung gewechselt hat. Es könnte ja sein, dass bei isometrischem Verlaufe des Aktes schon bei sehr geringer Reizfrequenz eine annähernd konstante Spannung, ein isometrischer Tetanus erzeugt würde. Es war daher wohl der Mühe werth, die Versuche mit dem Spannungszeiger zu wiederholen, nicht sowohl um nachzuweisen, dass bei behinderter Verkürzung kein Maximum der Wärme bei einer gewissen mässigen Reizfrequenz stattfindet — dies war ja schon bewiesen — als vielmehr um festzustellen, dass wirklich bei den geringeren angewandten Reizfrequenzen ein Wechsel zwischen Spannung und Erschlaffung (getrennte isometrische Zuckungen) stattfinden. Ich habe daher, wie gesagt, die früheren Versuche unter Anwendung des Spannungszeigers wiederholt und wie damals in den isometrischen Versuchsreihen keine Spur eines Maximums der Wärmeentwickelung bemerkt, obwohl nunmehr der Spannungszeiger bei der geringeren Reizfrequenz aufs Deutlichste die getrennten Zuckungen sehen liess. Es mag genügen, zwei der neuen Versuchsreihen mitzutheilen. Die nachstehende Tabelle, welche die neuerlichen Ergebnisse enthält, ist ohne Weiteres verständlich.

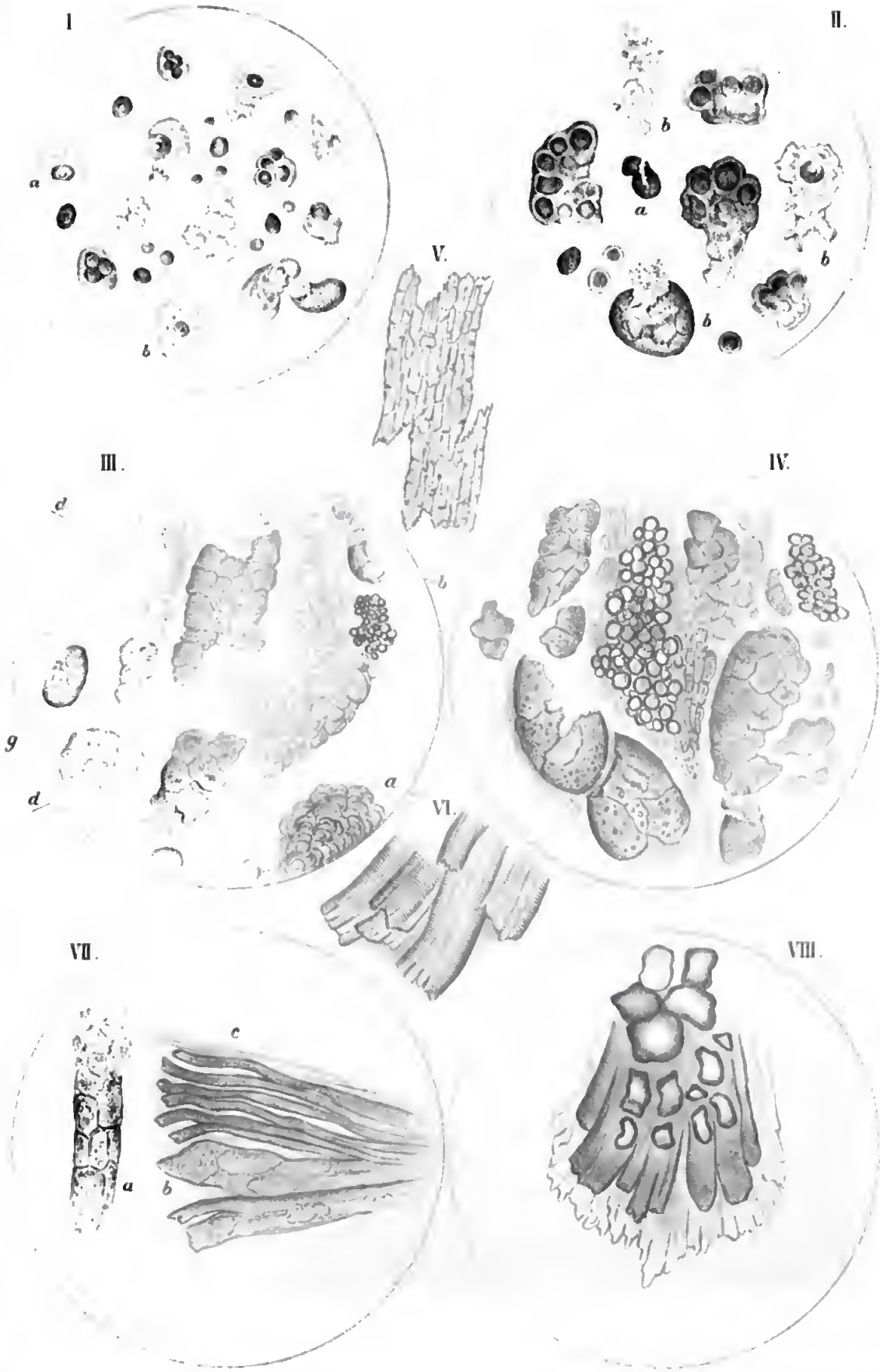
Frequenz der Reize	Entwickelte Wärmemenge (Ablenknng)	Bemerkuugen
Versuchsreihe vom 15. Mai 1883.		
	I. Isotonisch.	
Langsam	48	9 völlig getreunte Zuckuugeu.
Schneller	70	13 fast ganz getreunte Zuckuugen.
Noch schneller	40	Tetanus mit Zackeu.
Noch schneller	45	Tetanus anfangs zackig.
Noch schneller	56	Tetanus.
	II. Isometrisch.	
Sehr schuell	214	Tetanus.
Weniger schuell	141	Tetauus.
Noch laugsamer	83	Etwas zackiger Tetanus.
Ganz laugsam	48	10 getreunte Zucknugeu.
Versuchsreihe vom 26. Mai 1883		
	I. Isometrisch.	
Langsam	134	10 fast ganz getreunte Zucknugeu.
Schneller	141	13 Znckuugen, die ersten 5 getrennt.
Noch schneller	141	Tetanus.
	II. Isotonisch.	
Schnell	25	Stark zackiger Tetanus.
Langsamer	40	13 getreunte Zuckuunen
Ganz laugsam	34	10 getreuutn Zuckuugen.

Die Maxima der isotonischen Reihen sind fett gedruckt.

Die einzige Andeutung eines Maximums in einer isometrischen Versuchsreihe könnte man etwa darin finden, dass in der Versuchsreihe vom 26. Mai 83 beim Tetanus 3. Versuch sub I. die Ablenkung nur 141 Sc.theile beträgt wie im vorhergehenden Versuche mit getrennten Zuckungen. Man muss aber bedenken, dass der Tetanusversuch auf den andern folgte und mithin durch die blosse Ermüdung schon die Wärmeentwiklung beschränkt wurde. Wäre der Tetanusversuch dem andern vorhergegangen, so hätte er gewiss eine sehr merklich grössere Ablenkung als 141 ergeben.

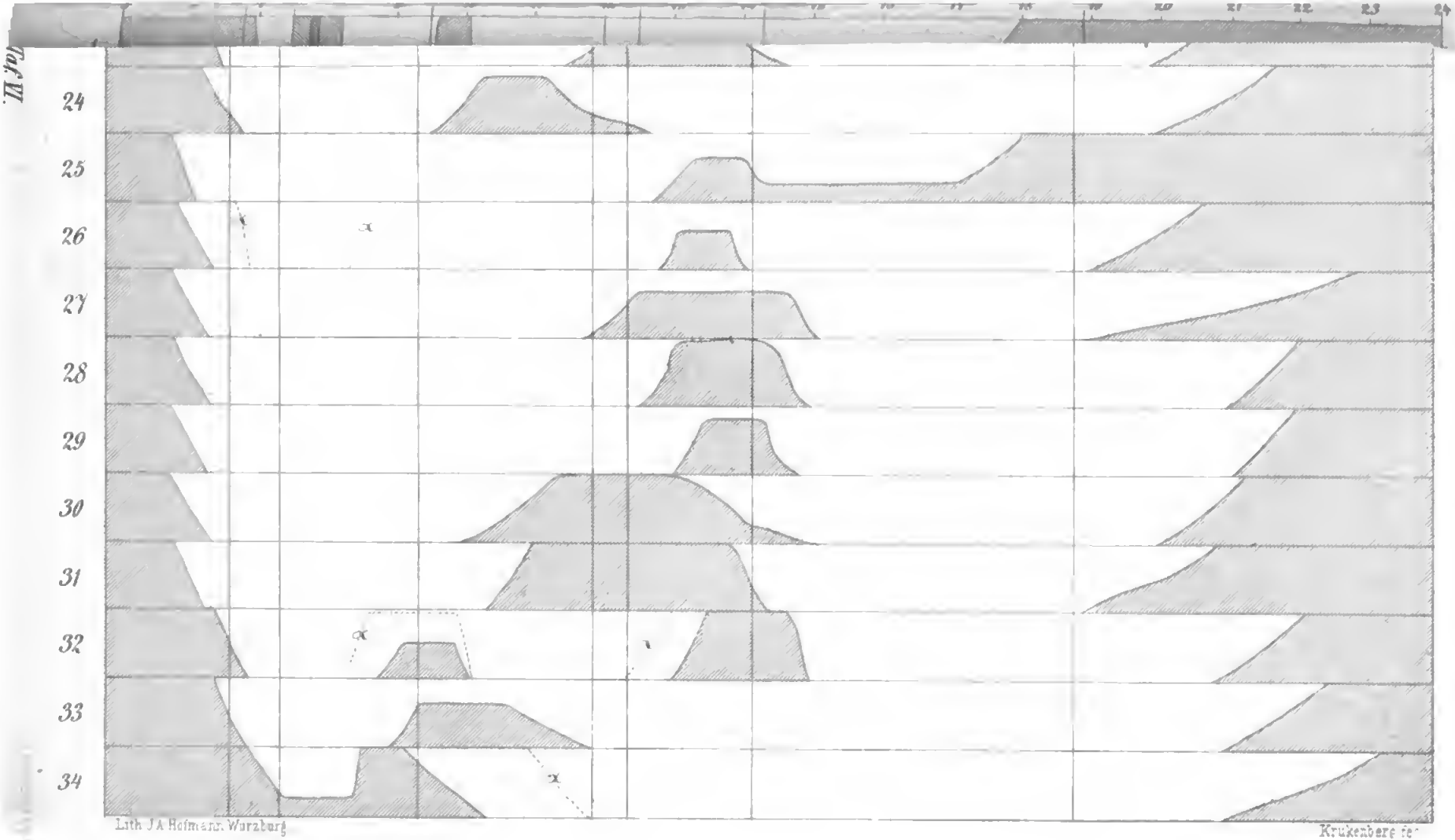
Es ist also nunmehr als erwiesen zu betrachten, dass der Stoffumsatz, der bei gleichbleibender Länge durch einen Reiz ausgelöst wird, wenn er die Spannung erhöht, nicht sehr viel grösser ist als wenn der Reiz bloss Erhaltung einer schon bestehenden Spannung bewirkt, während dagegen ein verkürzender (und folglich Arbeit veranlassender) Reiz einen sehr viel grösseren Stoffumsatz auslöst, als ein eine bestehende Verkürzung bloss erhaltender Reiz. Wir sehen also auch hier wieder die mechanische Arbeit bedingt durch Stoffumsatz welcher gleichzeitig mit ihr Statt hat.

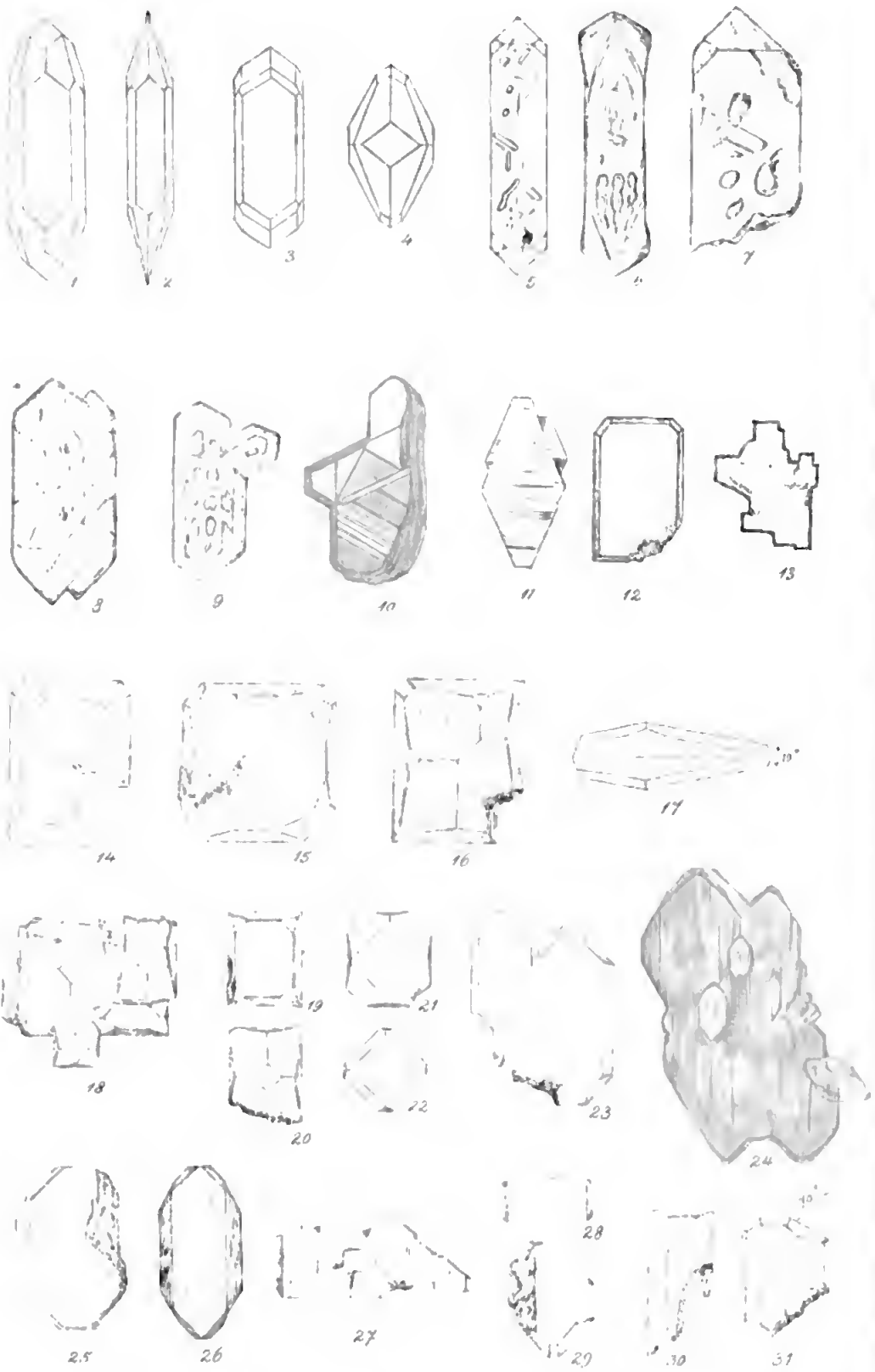
12. Oktober 1884.



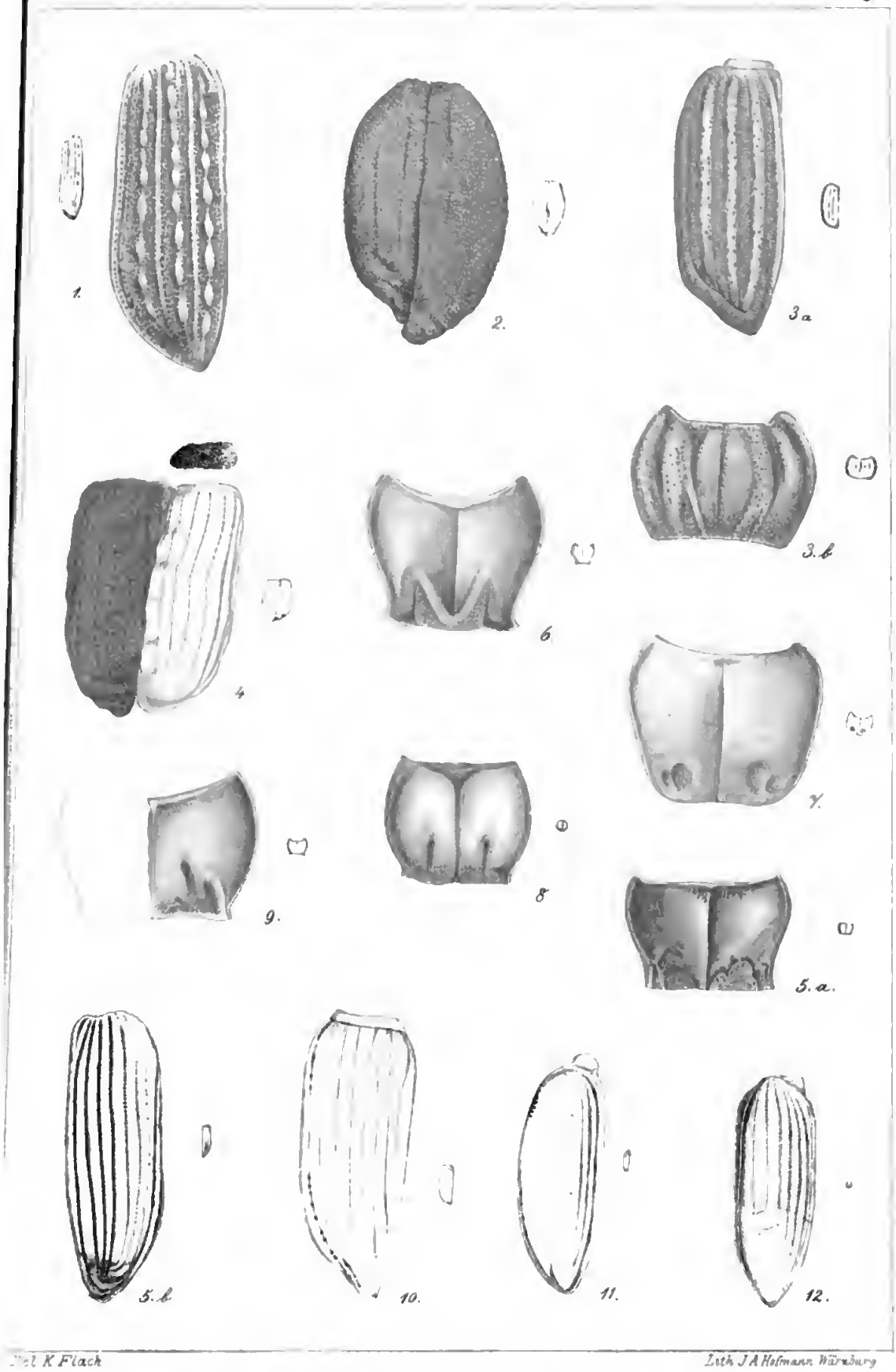
Verhandlungen der Würzb. Phys. med. Gesellschaft. Neue Folge. Bd. XVIII. Taf. I.

Taf. I.


24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
Lith J A Heimann Würzburg
Krukenberg fec



Verhandlungen d Würzburger Phys med Gesellschaft Neue Folge Bd XVIII Taf VII

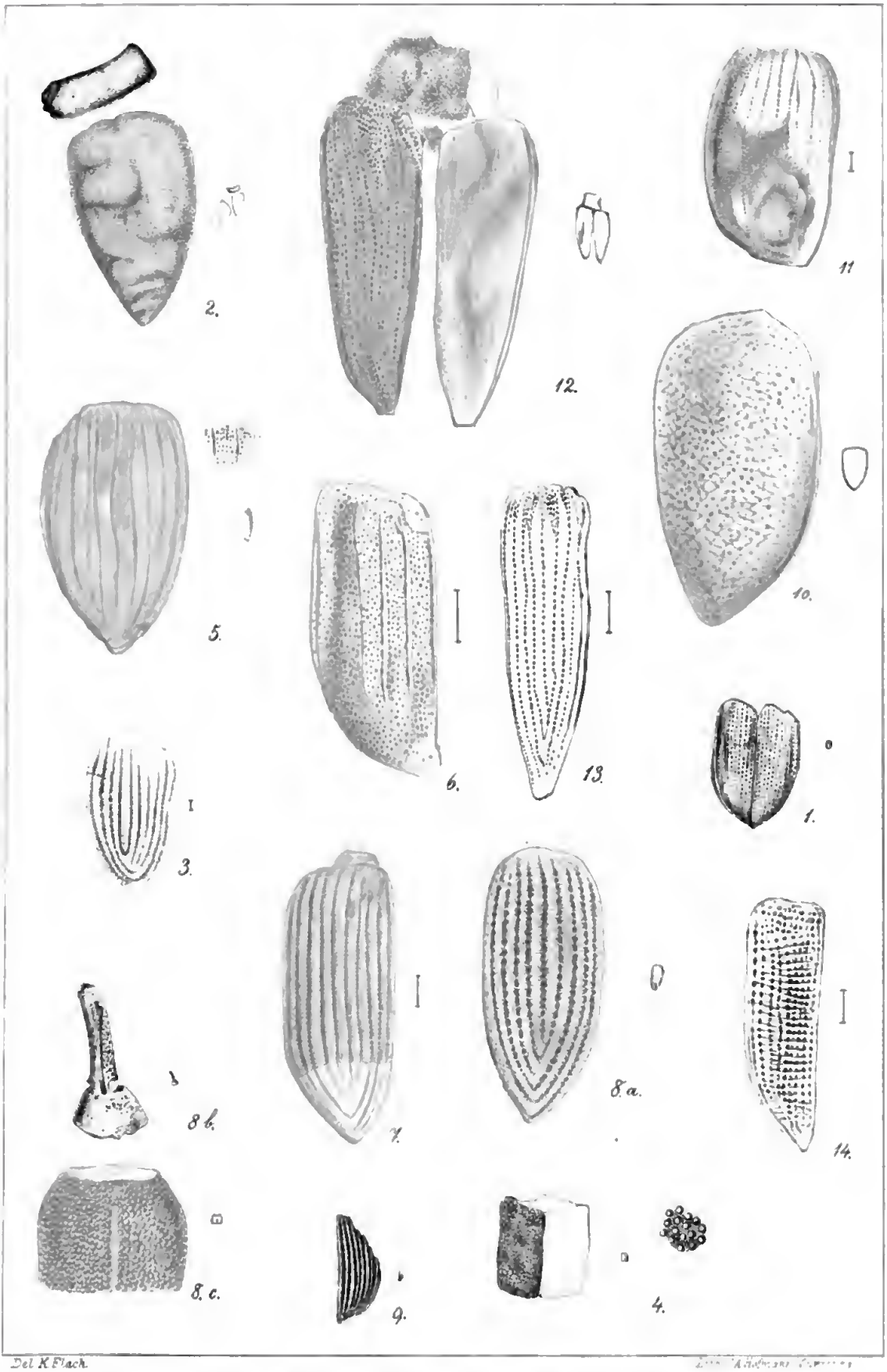


Del K Flach

Lith J A Hofmann Würzburg

Verhandlungen d Würzburger Phys med Gesellschaft Neue Folge Bd XVIII. Taf VIII.

Google



Del. K. Flach.

Verhandlungen d. Würzburger Phys. med. Gesellschaft Neue Folge Bd. XVIII. Taf. IX.

Digitized by Google

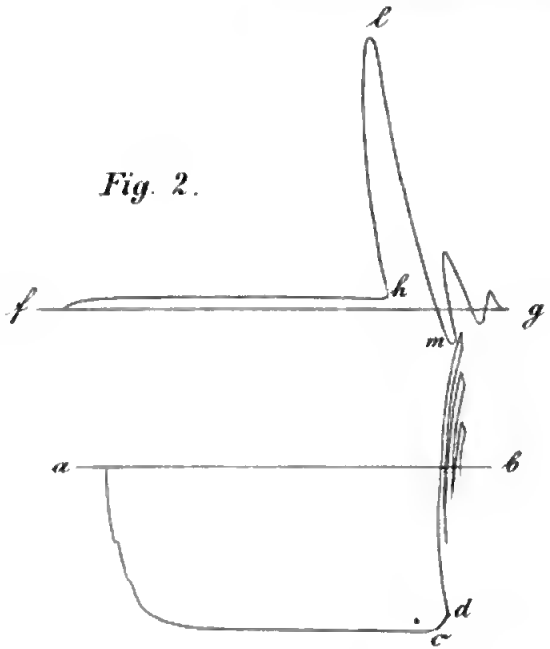


Fig. 2.

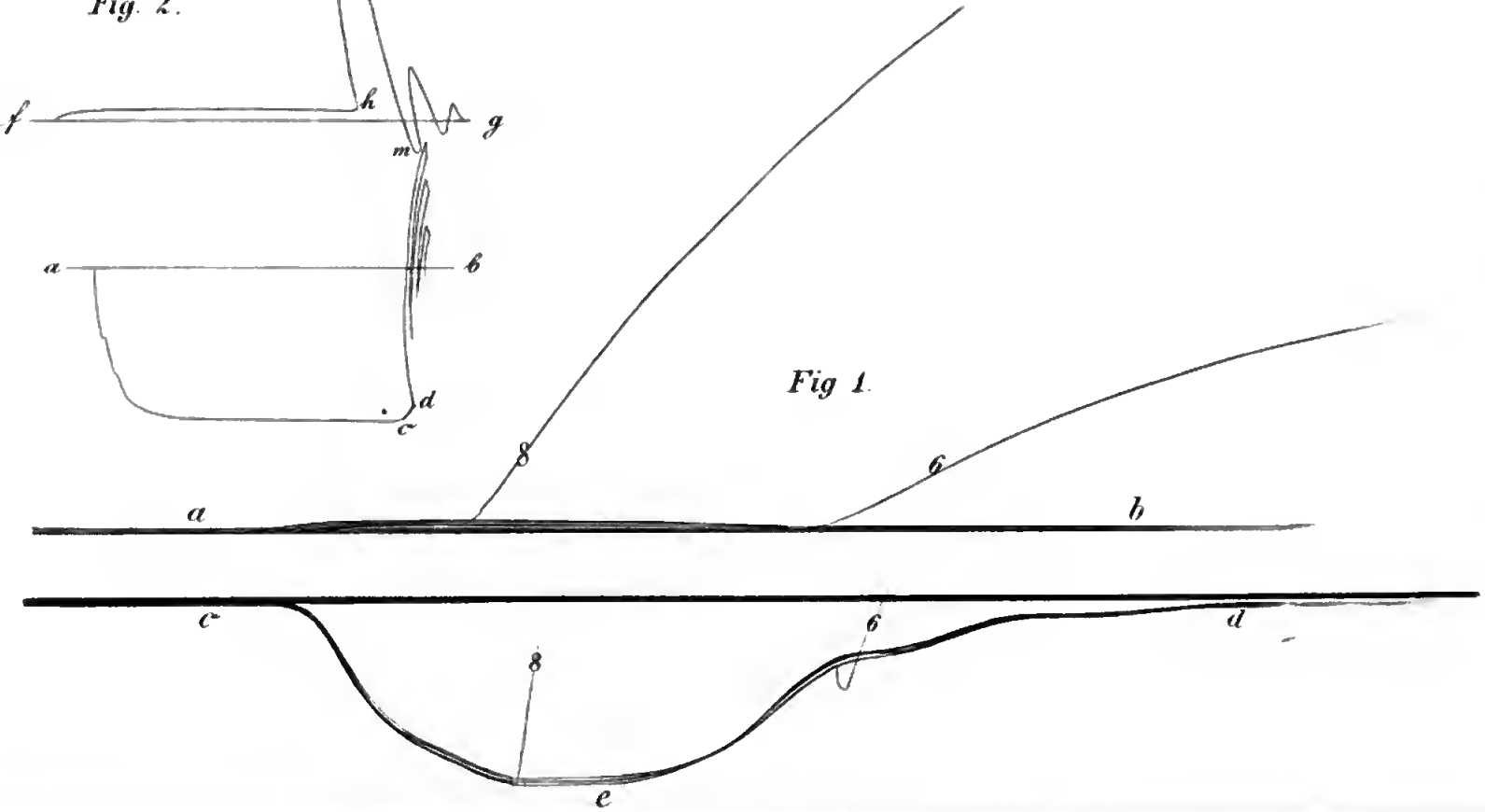


Fig 1.

Digitized by Google

3 2044 106 274 376

3 2044 106 274 376

Digitized by Google

3 2044 106 274 376

Digitized by Google

3 2044 106 274 376